This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

**A propos de ce livre**

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

**Consignes d'utilisation**

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

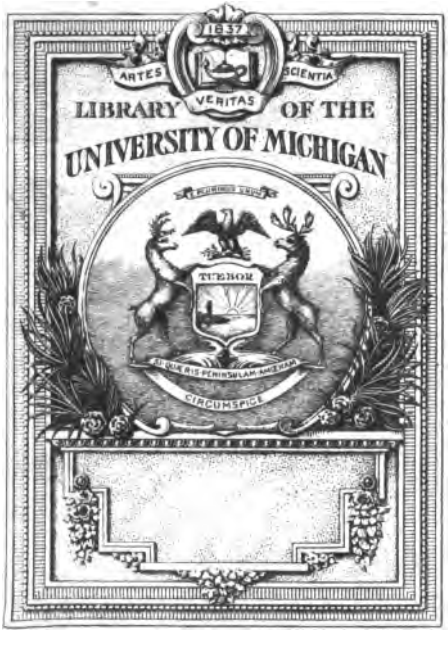
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

**À propos du service Google Recherche de Livres**

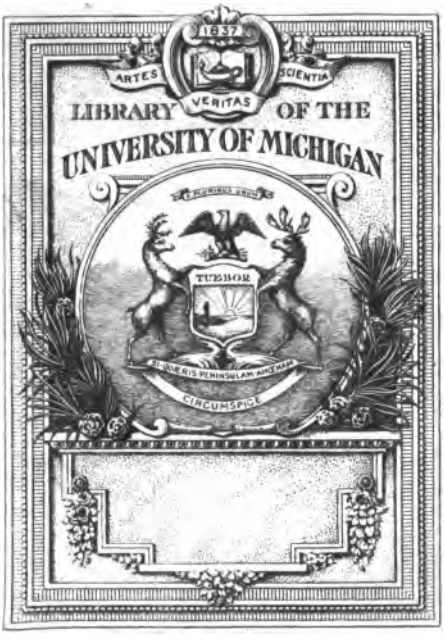
En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

Sc. 263
Catal. Demerson



QD
38
.D376m

Sc. 263
Catal. Demerson



QD
38
.D376m

LES

# 1000 RECREATIONS

# DE PHYSIQUE

ET

# DE CHIMIE.

*Cet ouvrage se trouve aussi chez :*

**LECOINTE et DURREY**, quai des Augustins, n° 49.
**PONTHIEU**, Palais-Royal.
**DUPONT** et Cie, rue Vivienne, n° 16.
**Ch. BÉCHET**, quai des Augustins, n° 57.

POITIERS. — IMPRIM. DE CATINEAU.

# LES 1000 RÉCRÉATIONS

# DE PHYSIQUE

ET

# DE CHIMIE,

OUVRAGE RENFERMANT UN GRAND NOMBRE D'EXPÉRIENCES INSTRUCTIVES ET AMUSANTES.

*Par L. Demerson,*

*Docteur en Médecine,*

AUTEUR DE LA BOTANIQUE EN XXII LEÇONS.

Paris,

AUDIN, LIBRAIRE-ÉDITEUR,

Quai des Augustins, n° 25.

1828.

# AVERTISSEMENT.

Library com
Perella
5-22-24
9749

La connaissance des faits, dans toutes les sciences humaines, a précédé la théorie. On a été physicien avant d'écrire des traités de physique, et logicien avant d'avoir appris l'art de raisonner (1).

Cette manière de procéder, quand on entreprend l'étude des sciences abstraites ou de calcul, serait sans doute aussi avantageuse aux élèves, qu'il est possible de l'espérer : car

(1) V. la *Logique de Condillac.*

la science des expériences peut être comparée à l'étude de la langue maternelle, que nous faisons sans peine et sans travail apparent, et presque toujours sans réflexion. La physique, purement expérimentale, celle des expériences surtout qui nous recréent et se rattachent à nos besoins, peut être également une science qui ne demande aucun effort ni à l'imagination, ni à la mémoire : c'est pour coordonner ces faits, pour les assujétir au raisonnement que le travail devient nécessaire. Mais l'expérience est d'un si grand secours à la théorie, qu'il n'en coûte pas plus alors pour étudier les lois des phénomènes physiques

déjà connus, que pour étudier la grammaire d'une langue usuelle ou parlée (1). C'est avec l'intention d'instruire, et d'instruire surtout en amusant, que j'ai composé ce livre des *Récréations de Physique et de Chimie ;* ceux qui sont restés tout-à-fait étrangers à ces deux sciences ne liront pas mon livre sans en retirer quelque fruit, et peut-être quelque honte de leur ignorance, et sans avoir le désir de s'en affranchir. Les lecteurs plus éclairés chercheront de nouvelles

---

(1) La grammaire est la géométrie des langues; la géométrie est la grammaire des sciences exactes (physiques et mathématiques).

lumières dans les ouvrages de géométrie et d'analyse, sans lesquels guides on risque de demeurer dans la sphère étroite des *amateurs*, qui ne sont physiciens que d'après les tours de subtilité de M. Comte, ou médecins et anatomistes que d'après la démonstration des pièces en cire de M. Dupont.

# Table étymologique

DES

# MOTS SCIENTIFIQUES

CONTENUS

DANS CE VOLUME.

## A

ACIDE, d'ακις, génit. ακιδος, pointe, substances d'une saveur piquante.

AÉRONAUTE, d'αηρ, air, ναυτης, qui voyage, qui navigue.

AÉROSTAT, d'αηρ, air, et ιστημι, se tenir, se soutenir dans l'air.

AFFINITÉ, *affinitas* pour *ad finitas (ad finem)*, qui a des rapports, qui avoisine.

AIMANT, *adamas*, αδαμας.

ALCHIMIE. *V*. CHIMIE.

ALKALI, *kali* et *al*, mot et préposition arabes ; le mot *kali* désigne les plantes qui fournissent la soude, et particulièrement les *soisola*.

ALKOOL, mot arabe, signifiant ce qui est subtil.

AMMONIAQUE, AMMONIAC, sel provenant originairement de l'Ammonie ou du pays d'Ammon, ou du pays des Sables (Ψαμμος), la Libie.

ANALYSE, αναλυσις, composé d'ανα, en arrière, λυω, je détache, je sépare, je décompose en revenant sur mes pas : j'examine à fond, attentivement.

ANTIMOINE, du grec στιμμι.

ARÉOMÈTRE, d'αραιος, rare, léger, μετρον, mesure, mesure de légèreté.

ARSENIC, d'*arsenicum*, ou plutôt d'αρσενικον, qui vient d'αρσην, mâle, vigoureux.

ATTRACTION, *attractio*, *attraho* pour *ad traho*, j'attire à moi.

AZOTE, d'α privatif, et ζωη, vie, qui prive de la vie.

## B

BAROMÈTRE, de βαρος, poids, μετρον, mesure, mesure de la pesanteur (de l'air).

BARYTE, de βαρυτης, pesanteur, à cause de la

grande pesanteur de cette substance, nommée par les anciens minéralogistes *terre pesante*.

BISMUTH, *Wismuthum* ou *Weismuthum*; ce mot appartient aux langues du nord de l'Europe.

## C

CADMIE, du latin *cadmia*, ou du grec καδμεια.

CALCINATION, *calcinatio*, de *calx*, *calcis*, chaux.

CALCIUM, de *calx*, *calcis*, chaux, métal extrait de la chaux.

CALORIMÈTRE, de *calor*, chaleur, *metiri*, mesurer.

CALORIQUE, de *calor*, chaleur. La terminaison *ique* exprime un art, une science *météorique*, science des météores; *hygrométrique*, science de l'hygrométrie, etc.

CAMÉLÉON, petit animal dont la peau change de couleurs; de χαμαι, à terre, qui est petit, λεων, lion. On a comparé à cet animal tout ce qui change de couleurs ou de formes.

CAMPHRE, de l'arabe *caphor* ou *capher*.

CARBONE, CARBONATE, CARBURE, etc., de *carbo*, charbon.

Catoptrique, de κατοπτρον, miroir, formé de κατα, et οπτομαι.

Chimie, du grec χυμος, suc; étude ou analyse du suc des végétaux, premier objet de la chimie. L'*alchimie* a pour objet la recherche du grand-œuvre, de la pierre philosophale, de la panacée, etc. Il fallait que l'on fût bien convaincu de l'utilité de cette science, puisque le nom qu'on lui a donné signifie *chimie par excellence*. On l'a définie avec raison, *ars sine arte, cujus principium est mentiri, medium laborare, et finis mendicare.*

Chlore, de χλωρος, vert, qui tire sur le vert, à cause de sa couleur.

Chrome, de χρωμα, couleur, parce que le chrome est le principe colorant d'un grand nombre de substances minérales, et particulièrement de l'émeraude.

Cobalt, du suédois *cobolt*.

Cornue, vase ou alambic de verre, qui a la forme et la courbure d'une corne.

Coupellation, fonte et purification d'un métal dans une petite coupe, *cupella*.

Couperose, de l'allemand *kupfer wasser*, eau de cuivre. Il est évident que *kupfer* vient du latin *cuprum*, ou du grec κυπρος.

## D

DÉCANTATION, *decantatio*, de *de*, et *canthus*, goulot, incliner légèrement le goulot (*decantare*).

DIFFRACTION, de *diffringo*, je romps, je brise.

DISTHÈNE, de δις, deux fois, σθενος, puissant, qui est doué de deux vertus, en raison de la double électricité que manifeste cette substance.

DUCTILITÉ, *ductilitas*, qualité des substances qui peuvent s'étendre sous le marteau et le laminoir.

## E

ELECTRICITÉ, d'*electrum*, ηλεκτρον, noms du succin ou ambre jaune, la première substance qui ait révélé l'existence du fluide électrique.

ELECTROMÈTRE, d'ηλεκτρον, électricité, μετρον, mesure.

ELECTROPHORE, d'ηλεκτρον, électricité, φερω, je porte.

EMÉTIQUE, *emeticus*, εμετικος, et d'εμεω, je vomis.

ETAIN, *stannum*, ETAMAGE, *stannum ago*.

ETHER, d'αιθηρ, air, air subtil, inflammable, d'αιθω, j'enflamme.

## F

FANTASMAGORIE, de φαντασμα, vision, apparition, spectre, fantôme, et αγορα, assemblée, assemblée de fantômes.

## G

GALLIQUE (acide), extrait de la noix de galle, du latin *galla*, qui vient peut-être du grec βαλανος, gland, fruit du chêne.

*Proderit et tunsum gallæ admiscere saporem.*
VIRG. Georg. IV.

GALVANISME, espèce d'électricité découverte par le célèbre Galvani, physicien de Bologne. On a fait de ce nom l'adjectif GALVANIQUE et le verbe GALVANISER.

GAZ, d'un mot hébreux et arabe (ghaz, ghazi) qui signifie exhalaison.

GAZ HILARANT, gaz qui porte à la gaîté, *hilaris*, ιλαρος, gai, joyeux.

## H

HYDRO, qui vient de l'eau, qui est produit par l'eau, υδωρ, υδρος; de là :

Hydrochlorique (gaz acide), composé d'eau, υδωρ, et de chlore.

Hydrogène, d'υδωρ, eau, et γειναμαι, engendrer. — Hydraulique, υδωρ, et αυλος, tuyau. — Hydrostatique, υδωρ, et στατικη, science du poids. — Hydracide, υδωρ, et οξυς, οξυδος, acide. — Hydrophane, υδωρ et φαινω, j'apparais.

Hygromètre, d'υγρος, humidité, μετρον, mesure.

## I

Iode, d'ιωδης, violet, à cause de la couleur de sa vapeur.

## L

Litharge, écume, scorie de l'argent, à laquelle on a comparé plusieurs oxides, et particulièrement les oxides de plomb, de λιθος, pierre, et αργυρος, argent.

## M

Macération, de *maceraro*, tremper, amollir.

Magnésie, *magnesia*, de la propriété reconnue à cette substance d'attirer à la manière de l'aimant, μαγνης (magnès).

**Magnétisme**, de μαγνης, aimant; et ισμα, terminaison qui signifie un art.

**Manganèse**, mot altéré de *magnésie*, que l'on appelle aussi *lapis manganensis*.

**Mars**, nom alchimique du fer. — *Arbre de mars*, *safran de mars*, *pyrites martiales*.

**Mégascope**, de μεγας, grand, σκοπεω, je montre, je fais voir, j'agrandis les objets.

**Mercure**, nom alchimique que nous avons conservé. Les Grecs appellent le mercure, hydrargyre, υδραργυρος, d'υδωρ, eau, αργυρος, argent, argent eau, argent liquide, ce qui répond à peu près à notre mot *vif-argent*.

**Mesmérisme**, la science de Mesmer, créateur du magnétisme animal.

**Météores**, de μετεωρος, élevé, ce qui est au-dessus de nous.

**Météorologie**, de μετεωρος, météore, λογος, discours, traité des météores.

**Microscope**, de μικρος, petit, σκοπεω, j'observe; instrument propre à l'observation des petits objets.

**Moiré**, d'un mot oriental (Moïacar), qui désigne une étoffe à couleurs changeantes ou à reflets. On prononçait autrefois *mouaire*, ce qui est plus conforme à l'étymologie.

## N

NITRE, *nitrum*, d'où *nitrate*, *nitrique*, etc.

NITRO-MURIATIQUE (acide), composé d'acide nitrique et d'acide muriatique.

## O

OBJECTIF, verre qui reçoit immédiatement l'image de l'objet d'*objicere*, offrir, présenter.

OCULAIRE, verre contre lequel on applique l'œil (*oculus*).

OPTIQUE, d'οπτικος, qui concerne la vue ou la vision, participe d'οπτομαι, voir.

OSCILLATION, action de ce qui oscille ou se meut comme un pendule, d'*oscillo*.

OXALIQUE, OXALATE, d'*oxalis*, oseille, dont on tire les sels de ce nom ; *oxalis* vient du grec, οξυς, aigre, acide.

OXIDE, mieux OXYDE, d'οξυς, aigre, acide.

OXIGÈNE, mieux OXYGÈNE, οξυς, acide, γενομαι, naître, engendrer.

## P

PHOSPHORE, de φως, lumière, φερω, je porte,

je porte la lumière, je luis par moi-même; de là les dérivés, *phosphate*, *phosphorique*, etc.

PHOTOPHORE, de φως, génit., φωτος, lumière, φερω, je porte.

PHYSIQUE, science qui a pour objet l'étude des propriétés des corps naturels, science de la nature, φυσις, et de là φυσικη, féminin de φυσικος, ce qui est naturel, et les dérivés, *physicien*, *physiquement*, etc.

PLATINE, *platinum*, dérivé du mot espagnol *plata*, argent, à cause de sa couleur qui l'a fait appeler, lors de sa découverte, *or blanc* (*aurum album*).

PNEUMATIQUE, qui appartient à l'air, πνευμα, aux gaz. *Cuve pneumatochimique*, appareil propre à recueillir les gaz.

POLARISATION, action constante en deux sens opposés, soit des molécules des corps, soit des corps eux-mêmes. La polarisation de l'aimant est constante jusque dans les moindres fragmens de cette substance; les molécules de la lumière sont aussi douées de cette propriété, constatée par les expériences les plus ingénieuses : ce mot *polarisation* vient du latin *polus*, dérivé lui-même du verbe grec

πολεῖν, tourner, parce que la terre tourne sur un axe qui passe par les pôles.

POTASSIUM, nouveau métal obtenu de la potasse, au moyen de la pile galvanique, comme le *sodium* de la soude.

PROTOXIDE, premier oxide, oxide au plus faible degré, de πρωτος, premier, dérivé de προ, avant, devant; *ditoxide*, deuxième oxide, oxide au deuxième degré, et de δυς, deux; *tritoxide*, de τρεις, trois; *peroxide*, de περα, au-delà, avec excès, oxide au plus haut degré. Voyez le mot OXIDE.

PYROMÈTRE, de πυρ, feu, μετρον, mesure, instrument propre à mesurer les plus forts degrés de chaleur.

PYROPHORE, de πυρ, feu, φερω, je porte, substance qui porte en elle les élémens du feu, qui s'enflamme spontanément.

## R

RÉACTIF, qui réagit, de la particule réduplicative *re*, et du verbe *agere*.

RÉFLEXION, de *reflectere*, recourber, replier, renvoyer, réfléchir.

RÉFRACTION, de *refringere*, rompre, briser.

Réfrangence. V. Réfraction.

Régale (eau), liquide qui dissout l'or, le roi des métaux, *metallum regale*.

Répulsion, de *repellere*, repousser, formé de *pellere*.

Révivification, de la particule réduplicative *re*, et du verbe *vivificare*, faire vivre, révivifier; faire revivre, faire renaître, réparaître.

## S

Sodium. V. Potasse.

Soufre, *sulfur*, d'où les dérivés *sulfate*, *sulfure*, *sulfurique*, etc.

Strontiane, nouvelle terre découverte à Strontian en Ecosse.

Sublimé, sel obtenu par sublimation ou volatilisé par le feu, et fixé en cristaux aux parois du vase sublimatoire, de *sublimis*, élevé.

Synthèse, méthode de composition, consistant à réunir les parties ou élémens d'un tout, afin de le recomposer, de συνθεσις, composition, formé de συν, ensemble, θεσις, placement, dérivé de θεω, je place; la synthèse est opposée à l'*analyse*. V. ce mot.

## T

TANIN, substance provenant du *tan*, dont on se sert pour passer ou tanner le cuir.

TÉLESCOPE, de τηλε, loin, σκεπτομαι, voir, voir de loin.

TENSION, de *tendere*, presser, tendre, comprimer à la manière d'un ressort ; la vapeur agit en raison de sa tension.

THERMOMÈTRE, de θερμος, chaleur, μετρον, mesure, instrument pour mesurer les degrés de la chaleur.

THERMOSCOPE, de θερμος, chaleur, σκοπεω, je montre, instrument pour indiquer les degrés de chaleur.

TRANSMUTATION, *trans*, au-delà, *mutatio*, changement, je change, je transforme un solide en liquide, un sel en un autre sel, etc.

TORRÉFACTION, de *torrere*, brûler, *facere*, faire, faire brûler.

## V

VIBRATION, *vibratio*, du verbe *vibrari*, trembler, tressaillir ; ce mot est une véritable onomatopée.

Vitriol, qui a l'apparence du verre, *vitrum* : vitriol vert, vitriol bleu, etc. ; on a dit *vitreotus*, comme *aureolus*, *russeolus*, etc.

## Z

Zinc, *zincum*, c'est un nom des langues du Nord. Les anciens n'ont pas connu ce métal, ou l'ont confondu avec le plomb et l'étain.

# MILLE RÉCRÉATIONS

# DE PHYSIQUE

ET

# De Chimie.

## DES ÉLÉMENS.

Tous les corps de la nature, animaux, végétaux et minéraux, se réduisent, soit par décomposition naturelle ou spontanée, soit par décomposition chimique ou artificielle, en un certain nombre de principes simples que l'on nomme *élémens*.

Les anciens ne connaissaient qu'un très-petit nombre de ces principes des corps : Thalès n'en admettait qu'un seul, Aristote quatre, l'eau, le feu, l'air et la terre; cette doctrine prévalut plus de mille ans. La chimie moderne, éclairée de l'analyse, a prouvé que ces substances simples, admises comme principes par Aristote,

sont évidemment formées de la réunion d'autres substances, et qu'elles sont composées : l'eau, d'hidrogène et d'oxygène; l'air, d'oxigène, d'azote et d'acide carbonique; la terre, d'oxides et de métaux. Le nombre de ces élémens est porté aujourd'hui à plus de cinquante ; voici l'énumération de ceux qui sont le plus connus des chimistes.

*Substances non métalliques.*

1. Le calorique, 2. la lumière, 3. le fluide électrique, 4. le fluide magnétique, 5. l'oxigène, 6. l'hydrogène, 7. l'iode, 8 le bore, 9. le carbone, 10. le phosphore, 11. le soufre, 12 l'azote, 13. le chlore, 14. le phtore ou fluorine.

*Substances métalliques.*

15. Le silicium ou métal de la silice, 16. le zirconium ou métal de la zircone, 17. l'aluminium ou métal de l'alumine, 18. l'yttrium ou métal de l'yttria, 19. le glucinium ou métal de la glucine, 20. le magnésium ou métal de la magnésie, 21. le calcium ou métal de la chaux, 22. le strontium ou métal de la strontiane, 23. le barium ou métal de la baryte, 24. le sodium ou métal de la soude, 25 le potassium ou métal de la potasse, 26. la manganèse, 27. le zinc, 28. le fer, 29. l'étain, 30. l'arsenic, 31. le molybdène, 32. le chrome, 33. le tung-

steine, 34. le colombium ou le tantale, 35. l'antimoine, 36. l'urane, 37. le cérium, 38. le cobalt, 39. le titane, 40. le bismuth, 41. le cuivre, 42. le tellure, 43. le nikel, 44. le plomb, 45. le mercure, 46. l'osmium, 47. l'argent, 48. le palladium, 49. le rhodium, 50. le platine, 51. l'or, 52. l'iridium.

C'est aux chimistes modernes que l'on doit la découverte de la plus grande partie de ces élémens; la plupart étaient confondus avec ce que l'on appelait terres et alkalis, telles que la chaux, la baryte, la potasse, la soude : leur décomposition, au moyen de la pile galvanique, est le plus grand triomphe de l'homme sur la nature. Il est prouvé que tous les corps se réduisent, en dernière analyse, à quelques-uns de de ces élémens, à quelques gaz et quelques substances métalloïdes ou métalliques. Les végétaux ne sont composés que de carbone, d'oxigène et d'hydrogène, les animaux de ces élémens, plus de l'azote. Les minéraux sont presque toujours combinés avec quelque acide, ou à l'état d'oxide : la potasse, la soude, la baryte, la chaux, sont des métaux combinés à l'oxigène, au carbone, à l'acide sulfurique, etc. L'analyse isole le métal par la soustraction du principe oxidant.

Les élémens sont peut-être en plus grand nombre, mais c'est à celui-ci que s'arrête aujourd'hui l'analyse : telles sont les bornes de nos connaissances ou de notre expérience, que

nous prenons pour celles de la nature (1), qui a permis à l'homme de soulever un peu le voile qui couvre ses mystères. Mais elle a sans doute bien d'autres secrets à lui révéler ; elle semble l'inviter à faire de nouvelles recherches, en opérant sous ses yeux, en composant et décomposant sans cesse. L'homme doit-il désespérer de lui ravir un jour d'autres secrets, et de préparer par la combinaison de nouveaux élémens encore inconnus, l'or, l'argent, le fer et le diamant? On n'eût pas osé, il y a moins d'un siècle, proposer la décomposition de l'eau et de l'air, dans la crainte de passer pour visionnaire ou partisan du grand-œuvre ; il y en a trente que la réduction des terres et des alkalis en métaux aurait semblé une chimère.

---

## DE LA MATIÈRE.

La matière est tout ce qui nous affecte physiquement, ce qui produit quelque impression sur nos sens; il n'y a rien de sensible ou d'apparent pour l'homme au-delà de ce principe de toute chose. La matière compose tous les êtres créés ou tous les corps physiques : je dis qu'elle compose, parce qu'il est présumable que ses molécules primi-

(1) L'élément peut être défini *un corps qui ne peut éprouver de changement que par soustraction.*

tives sont parfaitement semblables et homogènes ; la nature de ces molécules primitives, de ces atomes célébrés par Lucrèce, est tout-à-fait inconnue. Les molécules qui composent les élémens chimiques ou les substances jusqu'alors indécomposées, ne peuvent être considérées que comme des substances qui ont jusqu'alors résisté à nos moyens analytiques ; mais elles ne sont pas encore les principes ou les molécules primitives de la matière ou des corps physiques. Le génie de l'homme franchit cet obstacle, en attendant que son intelligence l'aplanisse.

La matière est indestructible, parce qu'il est absurde de penser, parce qu'il est impossible, suivant la raison et l'expérience, que ce qui est matériellement puisse ne plus être. Tout change, tout varie, mais rien ne se perd ; et les molécules de matière qui ont servi à l'édification d'un homme ou d'une plante, servent, après sa destruction, à la formation d'autres êtres semblables ou de nature différente : éternelle transmutation qui n'a de bornes ni dans l'espace ni dans le temps.

### *Divisibilité de la Matière.*

La matière est divisible à l'infini ; la molécule, même la plus ténue, celle que l'on obtient à un degré extrême de division, est encore un corps, et par conséquent est encore susceptible

de division : cette divisibilité étonne l'imagination. Un grain de cochenille ou de carmin colore d'une manière sensible trente livres d'eau, dont le poids est 300,000 fois plus grand, et chaque fraction de ce poids peut être partagée en cinq ou six parties colorées, encore sensibles à l'œil.

Un grain de musc placé dans une salle, que l'on tient exactement fermée, en parfume l'intérieur pendant plusieurs années.

Un pouce cube d'eau réduite en vapeur occupe, dans ce dernier état, un espace d'un pied cube ou de 1,728 pouces cubes : chaque pouce est composé de 1,728 lignes cubes, ce qui fait à peu près 3,000,000 de lignes cubes, comprenant chacune un nombre très-grand de molécules ténues de vapeur d'eau.

Réaumur a observé que les fils dont l'araignée compose sa toile, sortent de six mamelons placés sous l'abdomen de cet insecte ; que le bout de chacun de ces mamelons peut donner naissance à plus de mille fils simples, dont la réunion ne forme qu'un des fils dont sa toile est composée.

Le célèbre physicien Lewenhoeck, qui le premier découvrit et observa les animaux spermatiques, en a trouvé de si petits dans certaines liqueurs, qu'il en faudrait un millier pour égaler un grain de pavot ; il a prouvé, par un calcul simple, que la laite d'un merlan contient plus

de ces animalcules qu'il n'y a d'hommes sur le globe.

Un procédé des arts peut nous donner une idée de l'extrême ténuité à laquelle un corps peut être réduit : on dore un lingot d'argent pesant 360 onces, avec 6 onces d'or ; on fait passer ce lingot par la filière, et on le réduit en fil d'une dimension telle, que 202 pieds de long ne pèsent que $\frac{1}{16}$ d'once; ainsi la longueur totale du fil doré est de 197,152 toises, qui font 98 lieues de 2,000 toises. En aplatissant ce fil au laminoir, il s'allonge encore de 2 septièmes, ce qui porte sa longueur à 112 lieues ; sa largeur, après cet aplatissement, est de $\frac{1}{8}$ de ligne. Les deux lames d'or qui recouvrent la lame d'argent peuvent être séparées et mises bout à bout par la pensée, ce qui double cette longueur (224 lieues), et même fendues en deux lames encore très-distinctes, ce qui la quadruple (448 lieues). La lame d'argent, à ce degré de ténuité, n'a d'épaisseur que $\frac{2}{317}$ de ligne, et la lame d'or qui la recouvre, que $\frac{1}{59428}$ de ligne, et dans les lames où l'on fait entrer trois fois moins d'or, n'a que $\frac{1}{178284}$ de ligne. Cependant cette couche forme un tout continu; en plongeant un de ces fils dans l'acide nitrique, l'argent se dissout, et l'or reste en forme de très-petit tube. Cette prodigieuse extension de l'or dépend d'une grande ductilité jointe à beaucoup de densité, qualités qui appartiennent éminemment à ce métal.

On détache du *mica*, substance pierreuse,

composée de lames brillantes, des lamelles qui ont également une très-grande ténuité. M. Haüy obtint par division mécanique une de ces lamelles qui avait à peine $\frac{1}{1000000}$ de pouce, ce qui fait supposer qu'en divisant un morceau de mica d'environ une ligne d'épaisseur, on peut obtenir près de 50,000 couches de cette ténuité. On obtient également à l'infini des divisions des cristaux de sélénite (chaux sulfatée), en les exposant à une chaleur assez forte pour dissiper leur eau de cristallisation ; ces cristaux blanchissent et se partagent en lames trapézoïdes, jusqu'à un extrême amincissement.

La lumière est d'une extrême ténuité ; il y a cependant des fluides encore plus déliés : le calorique, les fluides électrique et magnétique, pénètrent des corps imperméables à la lumière, tels que les métaux, que la lumière ne traverse pas, quelle que soit la minceur de leurs lames. La lumière remplit l'espace immense de l'univers, ses rayons vont éclairer la planète d'Herschell, à plus de 650,000,000 de lieues du soleil ; ils s'étendent sans doute bien au-delà. La lumière vient des étoiles fixes frapper la terre, et même éclairer nos longues nuits d'hiver ; et tel est l'éloignement de ces corps célestes, qu'en admettant le résultat infiniment probable du calcul qui donne à la lumière une vitesse de 70,000 lieues par seconde, le trait lumineux qui frappe maintenant l'œil de l'observateur,

est parti il y a plus de trois ans de l'étoile fixe dont il émane. Enfin un mathématicien anglais (Nieuwentit) a calculé qu'un pouce de bougie converti en lumière, se trouve divisé en un nombre de parties exprimées par les chiffres 269617040, suivi de 40 zéro, nombre cent mille millions de fois plus grand que les grains d'une masse de sable de la grosseur du globe.

### *Porosité.*

Tous les corps sont poreux : le diamant, une des substances minérales la plus dure, est criblé de pores qui le rendent perméable à la chaleur et à la lumière ; le bois, la pierre, les métaux sont remplis de pores d'autant plus petits, que ces corps ont plus de densité ; un gobelet bien plein d'eau ou de mercure, et placé au-dessus du récipient d'une machine pneumatique, laisse échapper ces liquides en pluie quand on fait le vide. La peau de l'homme et des animaux est percée de pores si fins, qu'on ne les voit qu'à l'aide d'une forte loupe ou du microscope. Lewenhoeck a compté sur l'épiderme de la peau humaine 25,000 de ces pores, sur une ligne carrée de surface ; à chacun de ces pores aboutit un conduit excrétoire qui exude la sueur, ou absorbe une partie des fluides environnans.

L'hydrophane, pierre siliceuse du genre des agates, et demi-transparente, acquiert, étant

plongée dans l'eau, une transparence bien plus sensible, parce que l'eau la pénètre par des pores très-nombreux, et en chasse l'air, que l'on voit s'élever de la surface en petites bulles, en formant des files sans interruption; cette pierre acquiert en même temps plus de poids.

### *Impénétrabilité.*

Un corps ne peut pas occuper la place d'un autre corps sans le déplacer. Si les molécules de ces corps se lient entre elles par fusion, le volume et le poids sont alors doublés; si le volume est moindre, comme quand on mêle de l'eau à l'esprit-de-vin, ou que l'on fond ensemble du cuivre et du zinc pour faire du laiton, c'est que les molécules des deux corps se rapprochent davantage, et alors ces mêmes corps acquièrent plus de densité. Mais les molécules d'une même substance ou de deux substances différentes ne se pénètrent jamais, par cela même que leur division peut être portée à l'infini, et qu'on ne peut obtenir, au terme hypothétique, de ces divisions, des molécules d'une forme constante, immuable et inaltérable. L'air est compressible, ses molécules flottent dans une matière singulièrement raréfiée, et douée d'une très-grande élasticité. L'eau est composée de molécules qui, dans leur arrangement, ne laissent aucun vide; elle est incompressible, propriété

que partagent avec elle la plupart des liquides, et c'est sur cette propriété que repose tout le mécanisme de la presse hydraulique. Cette presse, dont Pascal a le premier donné l'idée, est composée d'un corps de pompe dans lequel entre un piston, au-dessous duquel est adaptée une presse, et qui exerce une force très-grande par la pression de l'eau, de l'huile ou de tout autre liquide introduit avec effort dans un réservoir placé au-dessus. Cette pompe, fort en usage dans les fabriques de draps, dans les librairies, etc., a beaucoup d'avantage sur la presse à vis.

## *Vide.*

On s'est perdu en raisonnemens sur le *vide;* on a épuisé tous les argumens d'une métaphysique subtile pour prouver ou pour nier une chose qui n'existe pas, qui ne peut pas physiquement exister, et qui n'est véritablement qu'une chimère. Quelques philosophes anciens et du moyen âge ont nié le vide; ils prétendaient que loin qu'un pareil état fût dans la nature, celle-ci en avait horreur, et ils expliquaient ainsi l'ascension de l'eau dans les pompes, et d'autres phénomènes analogues. Descartes voulait que tout fût plein dans la nature; et une pareille assertion était sans doute le fruit des réflexions auxquelles ce philosophe se livrait avant

de prononcer sur les phénomènes physiques. D'autres philosophes ont admis le *vide absolu*, c'est-à-dire la possibilité d'un espace qui ne renferme rien ; mais cet être, ou plutôt ce non-être, répugne à la raison, et ne peut être ni démontré par les moyens ordinaires de l'analyse logique et chimique, et par conséquent ne saurait être défini. Que l'on soutire l'air d'un récipient pneumatique, celui qui reste est sans doute arrivé à un très-haut degré de raréfaction ; mais ce n'est qu'un air très-délié, très-subtil, un *éther*, comme l'appelaient les anciens, sans beaucoup s'entendre sur ce mot : cet éther est encore de l'air, puisqu'il reste constamment perméable à la lumière, au calorique et aux autres fluides. Ainsi il n'y a point de vide absolu ; celui auquel les physiciens ont conservé cette dénomination si peu exacte, n'est qu'un vide relatif, n'est qu'un air plus raréfié ; et le raisonnement fait voir que ce vide absolu ne peut exister nulle part.

---

## DE L'ESPACE.

L'espace est sans bornes et ne peut être que partiellement circonscrit ; il est comme l'univers, un tout sans fin, et un centre dont les rayons sont d'une étendue infinie. Ceux qui ont mis des

bornes matérielles à l'espace n'ont pas pensé que toute chose matérielle a nécessairement trois dimensions géométriques, longueur, largeur et épaisseur, et que cette supposition ne satisfait pas plus la raison que les cristallins de Ptolémée; que le vide ou l'empyrée, placés au-delà de notre système planétaire, sont tout aussi peu raisonnables et tout aussi gratuitement supposés. C'est en vain que la pensée cherche et plonge dans le vague des cieux, rien n'arrête son élan; elle revient sur la terre honteuse et confondue, comme ces génies ambitieux qui voulurent escalader le ciel.

Notre système planétaire, qui s'étend jusqu'à Herschell, à plus de 600,000,000 de lieues du soleil, n'est qu'un point relativement à l'espace qui contient des myriades de systèmes semblables au nôtre; chacune des étoiles fixes paraît être un centre, un nouveau soleil, autour duquel tournent probablement des planètes semblables à la terre, à Mars, à Saturne, etc. La distance de ces étoiles fixes est immense; la plus voisine, d'après un calcul de Cassini, qui offre quelque probabilité, est éloignée de nous de 20,250 fois le rayon de l'orbite terrestre, qui est de 30,000,000 de lieues. Entre Saturne et cette étoile il y aurait donc la distance de 2,000 fois celle de cette planète au soleil, dont elle est éloignée d'environ 300,000,000 de lieues. Il y a des milliers d'étoiles visibles à cette dis-

tance ; il y en a des myriades que nous ne pouvons découvrir qu'en nous aidant du télescope, enfin des myriades que nous ne voyons pas : cette multitude de mondes ou de systèmes est sans fin, infinie comme l'espace (1). O immensité ! ô génie de l'homme encore plus étonnant !

## *Élasticité.*

En laissant tomber une bille d'ivoire sur une table de marbre noir enduite d'une légère couche d'huile, la bille réagit et laisse une impression qui a une ou deux lignes de diamètre. Dans cette expérience, les molécules de l'ivoire, déplacées par le choc, sont refoulées vers le centre, en sorte que la sphère prend une forme aplatie dans le sens de son axe vertical, et une forme allongée suivant son axe horizontal ; c'est en reprenant subitement leur place et leur forme qu'elles font réjaillir ou rebondir le corps, en produisant ainsi le phénomène appelé *élasticité*. Dans l'expérience que je viens de rapporter, on voit évidemment que dans le choc la bille d'ivoire s'est aplatie, car autrement elle n'aurait touché le marbre que par un point tangent au rayon de la sphère. Lorsque plusieurs mouvemens successifs ont lieu, par suite du premier choc, le corps réagit plusieurs fois

(1) V. les observations de Galilée et d'Herschell, sur les étoiles fixes et les nébuleuses.

avec plus ou moins de vitesse. Les vibrations d'une corde tendue ne sont qu'un effet de son élasticité : une plaque de métal, un cercle de cuivre ou d'acier, une cloche, vibrent et résonnent d'après la même cause ; c'est d'ailleurs une qualité commune à presque tous les corps durs, surtout quand on les a réduits en lames assez minces pour rendre ces vibrations faciles. Le fer est moins élastique et moins sonore que l'acier, le cuivre moins que le laiton. Il y a certainement des corps mous qui sont doués d'une très-grande élasticité ; mais jamais, ou au moins bien rarement, ces mêmes corps sont susceptibles de quelque son appréciable. Je cite pour exemple la gomme élastique ou le caout-chouc, la moelle de sureau, le liége, la laine, la mie de pain, l'air et tous les gaz. Tout le monde a vu faire l'expérience fort simple de jeter avec la plus grande force sur le plancher un morceau de mie de pain frais, façonné ou pétri en étoile à plusieurs pointes; ce corps, en apparence si fragile, réagit sans se briser, et sans même se déformer. On sait que rien n'est plus élastique ni en même temps plus léger qu'un ballon rempli d'air ; que toutes les parties extérieures du corps humain sont recouvertes d'une couche de tissu essentiellement élastique, qui sert à adoucir le choc des corps durs, à entretenir la souplesse des mouvemens, en même temps qu'il contribue à la beauté des formes.

# DU CALORIQUE.

Le calorique, ou la matière et le principe de la chaleur, est un fluide invisible, incolore, inodore, impondérable, et dont l'existence matérielle ne saurait être démontrée que par ses effets. Le plus constant, le plus manifeste, est cette sensation que l'on appelle chaleur. Le calorique est doué d'une grande élasticité; il pénètre tous les corps, les dilate sans augmenter leur pesanteur, et les fait passer de l'état solide à l'état liquide, de ce dernier état à l'état fluide, aériforme ou gazeux. Le calorique tend sans cesse à se mettre en équilibre dans tous les corps; un corps froid le soustrait à un corps chaud jusqu'à ce que cet équilibre soit parfait. Le chaud et le froid ne sont qu'une même sensation résultant du plus au moins de calorique de ces corps; celui qui en conserve une quantité égale paraît plus chaud en hiver, plus frais en été : telles sont les sensations diverses que produisent les températures toujours à peu près semblables de l'eau de source et de l'intérieur des caves profondes.

Le calorique se disperse ou s'échappe en rayonnant, il a cela de commun avec les fluides

électrique, galvanique, magnétique, et avec la lumière, qui paraît être la source ou la cause de la chaleur de l'atmosphère.

Le calorique est, comme la lumière, fortement réfléchi par les surfaces blanches ou polies; les surfaces noires ou rugueuses rayonnent huit fois plus de calorique que les premières, et par conséquent s'échauffent bien plus promptement et plus complétement lorsqu'elles sont exposées au soleil. Une expérience fort simple vient à l'appui de cette assertion : si l'on met sur de la neige exposée au soleil, et pendant plusieurs heures, deux morceaux de drap d'égale surface, l'un noir et l'autre blanc, le premier, absorbant plus de lumière et de chaleur, s'enfoncera de quelques lignes, tandis que le drap blanc restera à la surface. Il y a une foule d'applications de cette théorie dans les arts et l'économie domestique. On sait que l'intérieur des maisons badigeonnées de blanc est plus frais que l'intérieur des maisons décrépites et noircies de vétusté; que les habillemens blancs sont plus frais que les habillemens noirs. Les cultivateurs des Alpes ont l'habitude de répandre de la terre noire sur la neige, pour en favoriser la fonte; enfin les chimistes et les pharmaciens collent du papier noir sur les fioles qui contiennent des substances que la lumière altère.

Une propriété constante du calorique, c'est celle de dilater les corps qu'il pénètre, et d'en

augmenter le volume. La seule substance qui ne se prête pas à cette dilatation est l'alumine, un des élémens qui entrent dans la composition de l'argile. L'alumine, au lieu de se dilater, éprouve à une haute température un retrait ou une diminution sensible de volume, ce qui paraît dû à une combinaison plus intime de ses élémens : c'est sur cette singulière propriété qu'est basée la théorie du pyromètre de Wedgwod, dont j'exposerai incessamment la construction. C'est cette action expansive et dilatante du calorique, qui, rendant les fluides plus légers, en favorise le mouvement et la circulation ; c'est sous son influence que les animaux se développent, et que les végétaux croissent. La chaleur, unie à la lumière, colore la peau, l'affermit ; colore en vert les feuilles des végétaux, nuance leurs fleurs, mûrit leurs fruits ; embellit le poil des quadrupèdes, les plumes des oiseaux, les écailles des reptiles, les élitres des insectes. La chaleur est bienfaisante, comme elle est créatrice ; sous son influence tout s'éveille, tout s'anime, les fleurs s'épanouissent, les oiseaux chantent, le génie de l'homme s'agrandit ; lorsqu'elle se dissipe les fleurs se ferment, les oiseaux cessent leurs chants, l'homme s'attriste, tout se tait, tout s'engourdit.

Les végétaux pourvus de propriétés actives ne croissent que sous des latitudes chaudes : c'est là que l'on trouve les baumes et les huiles

essentielles parfumées; les poisons y sont très-énergiques, les alimens très-sapides; les animaux des contrées méridionales ont une chair plus riche en principes nourrissans et plus savoureuse que celle des animaux des contrées du nord. La chair des bœufs d'Espagne fournit $\frac{1}{3}$ de plus d'extrait que la chair des bœufs d'Allemagne. Il y a peu de poison parmi les végétaux du Nord; un grand nombre d'espèces de champignons dangereux dans nos climats, y servent d'aliment. Le célèbre botaniste Linnée a vu en Uplande des paysans manger sans danger de jeunes pousses de l'aconit, dont l'odeur seule peut nous asphyxier.

### *Expériences relatives à la dilatabilité produite par le calorique.*

*Expérience.* — Remplissez d'eau un matras, chauffez le liquide, il ne tardera pas à déborder le goulot et à se répandre. Le calorique en pénétrant l'eau la met en expansion, en s'échappant il la soulève, et produit ainsi le phénomène appelé ébullition. Cette expansion de l'eau par le calorique peut être portée jusqu'à près de 2,000 fois son volume. (V. le chapitre de l'eau réduite en vapeur.)

*Expérience.* — Faites passer à travers un anneau un boulet dont le diamètre soit juste celui que présente l'ouverture de cet anneau;

chauffez ensuite le boulet, et présentez-le à la même ouverture, elle ne pourra plus le recevoir.

*Expérience.* — Une tige de fer exposée à la chaleur se dilate, s'étend ou s'allonge suivant le degré de cette chaleur. On a trouvé que pour chaque degré du thermomètre de Réaumur, le fer se dilate d'environ $\frac{1}{75000}$, le cuivre de $\frac{1}{43000}$, le platine de $\frac{1}{92000}$, le verre d'environ $\frac{1}{1000000}$. Cette dilatation des métaux est importante à connaître dans la construction des machines et des instrumens délicats. La verge de fer qui suspend le pendule s'allongeant, en été, quand la température augmente, il en résulte un retard très-sensible. Quand, en hiver, le froid en diminue la longueur, les mouvemens du pendule augmentent, et l'horloge avance. On remédie à ces inconvéniens en faisant descendre ou monter la lentille sur sa tige, ou, par un mécanisme ingénieux, en combinant des verges de fer et de cuivre, de manière que quand les unes s'allongent ou se raccourcissent, celles de l'autre métal éprouvent de semblables variations en sens contraire, en sorte qu'il y a compensation et que le centre d'oscillation se trouve toujours à la même hauteur. On appelle ce mécanisme *pendule compensateur*. On peut en voir un modèle d'une très-grande dimension, chez M. Wagner, horloger-mécanicien, rue du Cadran, à Paris.

Les métaux dilatés par la chaleur reprennent

lentement leur première dimension. Il faut plusieurs mois pour qu'un barreau de fer, qu'un jour de la plus forte chaleur d'été aura allongé, reprenne son retrait. Le froid de l'hiver agit sur les barreaux qui forment les grilles, et en produit ainsi quelquefois la rupture. L'expérience a d'ailleurs appris que tous les métaux se rompent plus facilement par le froid que par la chaleur.

*Expérience.* — On peut frapper une médaille au moyen de la dilatation d'une barre de fer chauffée au rouge, en appuyant cette barre de fer contre un mur, et son autre extrémité, garnie d'un poinçon, sur une rondelle de cuivre, d'argent ou d'or, également scellée : la barre de fer ne pourra s'allonger qu'en pénétrant dans la rondelle et en frappant la médaille.

Pendant les chaleurs de l'été, les barres de fer qui maintiennent les planches du pont des Arts, se courbent et se relèvent de manière à gêner la marche des passagers. Les rampes du même pont dérangeraient les pierres où elles aboutissent, si on n'avait pas eu la précaution d'y pratiquer des mortaises ou entailles profondes.

*Expérience.* — Appliquez, au moyen d'une presse, sur un morceau de bois bien sec, un poinçon sculpté en relief, de manière à y laisser l'impression de la figure; rabotez ensuite cette impression jusqu'à parfait niveau; plongez ce

même morceau de bois dans l'eau bouillante, vous verrez paraître en relief l'impression qui était faite en creux : car alors les parties ligneuses, pressées par l'empreinte, se gonflent dans l'eau, et, par une espèce d'élasticité, reprennent leur première place, et font saillie au dehors. On emploie ce procédé dans la fabrication des tabatières et d'autres ouvrages et sculptures en bois.

*Expérience.* — Remplissez un matras terminé par un tube d'un à deux pieds, de vin ou de toute autre liqueur colorée, jusqu'à la moitié du tube; plongez ce matras dans l'eau bouillante, aussitôt la liqueur descend de plusieurs pouces; en retirant le matras de l'eau, la liqueur remonte au-delà de son premier niveau. Dans cette expérience, la chaleur de 80 degrés de l'eau bouillante dilatant le matras, la liqueur descend; le matras reprenant à l'air sa capacité première, la liqueur remonte; mais, comme elle a absorbé une portion de calorique, elle occupe alors plus de place, et s'élève au-dessus de son premier niveau.

*Expérience.*—Thermoscope de Rumfort. (fig. 1.) Cet instrument se compose d'un tube à deux coudes, terminés par deux boules. On introduit dans le tube une goutte d'esprit-de-vin coloré, et on le ferme hermétiquement à la lampe d'émailleur; si on élève la température d'une des deux boules, la bulle de liquide E, cédant à

l'action de l'air intérieur dilaté, se rapprochera de la boule opposée; si l'on tient près de la même boule un corps froid, si, par exemple, on la couvre de neige, la bulle, cédant alors à l'air plus dilaté de la boule opposée, s'en éloigne, et se rapproche de la boule refroidie. Ce thermoscope, construit en verre fort mince et ayant un tube d'un très-petit diamètre, est un instrument fort sensible, et dont l'index se met en mouvement quand on présente la paume de la main à une toise d'une des deux boules. On pourrait se servir avec avantage de cet instrument pour mesurer comparativement la température de deux corps ou de deux milieux.

---

## CALORIQUE LATENT.

On donne le nom de calorique latent à celui que les différens corps absorbent en se fondant, sans faire éprouver aucun changement au thermomètre. Sur une partie de glace pilée ou de neige versez une partie d'eau chauffée à 60° T. R, vous obtiendrez, après la fonte, deux parties d'eau à o; ce qui démontre évidemment qu'une partie de glace à o absorbe et rend latente, pour se fondre, la quantité de calorique nécessaire pour porter une égale partie d'eau

à 60° (1). Il n'en arrive pas de même quand on mêle une partie d'eau, à 0, avec une autre partie élevée à une température au-dessus, car de ce mélange résulte de l'eau à une température moyenne : ainsi de l'eau à 0 mêlée à une égale quantité d'eau à 50°, donne de l'eau à 25°.

Si l'on fait passer deux livres de vapeurs d'eau à 100° à travers dix livres d'eau à 0, on obtient environ 12 livres d'eau à 100°; ce qui prouve que deux parties de vapeur rendent latente la quantité de calorique nécessaire pour porter douze parties d'eau de 0 à 100°.

Rien ne contient plus de calorique que la vapeur d'eau, et rien par conséquent ne convient mieux pour chauffer les appartemens au moyen de tuyaux calorifères, et pour conduire la chaleur dans divers appareils employés dans les arts.

La température d'un liquide ou d'un solide que l'on soumet à la fusion, augmente jusqu'à ce qu'il commence à bouillir; alors le calorique le traverse en le soulevant et en l'agitant, se disperse ensuite dans l'air en entraînant les molécules de liquide réduit en vapeur, et en augmentant plus ou moins son volume; celui

(1) Quand on fond du plomb, on peut impunément plonger le doigt dans la portion qui a commencé à se fondre, quand il reste encore une masse solide, parce qu'alors tout le calorique se porte sur cette masse pour se mettre en équilibre: si tout le plomb était en fusion, cette expérience deviendrait dangereuse.

de l'eau, parvenu à ce degré d'expansion, est augmenté d'environ 1,700 fois, expansibilité, cause de cette puissance, qui fait employer cette vapeur comme force motrice d'un grand nombre de machines, telles que les pompes à feu, les bateaux sans voiles et sans rames, etc. (1).

Tous les liquides n'entrent pas en ébullition à la même température; si 80 degrés T. R. sont nécessaires pour mettre l'eau en cet état, il ne faut que 30° à l'éther, environ 65 à l'alkool; mais il faut 88° à l'acide hydro-chlorique (muriatique), 92 à l'acide nitrique, 269 à l'huile de lin, et 278 au mercure. C'est en plein air que l'ébullition a lieu à ces divers degrés. Si ces liquides sont enfermés de manière à pouvoir concentrer le calorique, celui-ci s'accumule au point d'en augmenter beaucoup la chaleur; l'eau est alors capable de fondre du plomb et d'autres métaux : on dit qu'elle peut rougir, comme le fer, dans un brasier ardent. Les liquides augmentent de volume quand ils entrent en ébullition : l'eau de $\frac{1}{22}$, l'acide nitrique $\frac{1}{17}$, l'éther d'environ $\frac{1}{14}$, l'alkool $\frac{1}{9}$, etc.

L'eau, sous la pression de l'atmosphère, le baromètre étant à 28°, conserve constamment pendant l'ébullition 80° du thermomètre de Réaumur; si la pression devenait moindre à sa surface, par la diminution de la longueur de la colonne

(1) V. le chapitre qui traite de la vapeur de l'eau.

d'air, ou en opérant le vide, ce liquide entrerait en ébullition bien au-dessous de 80°. Le célèbre géologue Saussure a vu bouillir l'eau, au sommet du Mont-Blanc, à 69° T. R. Un physicien vient de constater par des expériences qu'en diminuant le plus possible la pression, l'eau peut entrer en ébullition à quelques degrés au-dessus de 0. Le terme de température de l'eau bouillante étant fort constant, on s'en est servi comme de mesure extrême de l'échelle de Réaumur, comme on s'est servi de la température aussi constante de la glace ou de la neige en fusion, pour le terme opposé : c'est sur ces principes que l'on construit les thermomètres.

---

## DU THERMOMÈTRE.

Le thermomètre est un instrument de physique, propre à mesurer les degrés de température de l'atmosphère et des corps. Il consiste en une sphère ou un cylindre creux, en verre blanc, terminé par un tube gradué, et qui contient du mercure ou de l'esprit-de-vin coloré. L'augmentation de la chaleur dilatant ce liquide, sa diminution le réduisant à un moindre volume, il en résulte deux mouvemens en sens opposé, l'un d'*ascension*, l'autre de *descension*, qui in-

diquent, le premier l'augmentation, le second la diminution de la température.

Depuis le degré de température de la glace ou de la neige fondantes, marqué o sur l'échelle du thermomètre de Réaumur, jusqu'au degré de température de l'eau bouillante (80°), terme de la chaleur la plus élevée, indiquée sur l'échelle du même thermomètre, l'aire de dilatation est partagée en 80 parties égales, ou 80 degrés. Ces termes sont constans; le second ne varie que quand on s'élève beaucoup au-dessus du niveau de l'océan, car alors l'eau entre en ébullition à une température moindre de 80°.

Les divisions du même thermomètre de Réaumur, au-dessus de o ou au-dessous de la glace, n'ont point de terme connu. Ces divisions au-dessus de 80°, et au-dessous de 15 ou 20, ne sont pas indiquées dans les thermomètres ordinaires.

Le thermomètre *centigrade* est le thermomètre de Réaumur divisé en 100 degrés; ainsi 5° de ce thermomètre répondent à 4 de celui de Réaumur.

Le thermomètre de Fareinheit divise l'échelle de Réaumur en 180 parties, et compte du 32ᵉ degré au-dessous de o.

Ces trois thermomètres sont aujourd'hui ceux dont on fait le plus d'usage.

Les variations thermométriques sont, pour notre climat, pendant un jour serein, d'environ

8°; les plus grands changemens ont lieu le matin et le soir. L'homme est peu affecté d'un changement de 4°; il l'est sensiblement de 10°. Quand on s'élève sur les montagnes, les variations du thermomètre sont d'environ un degré par cent toises.

L'étendue des variations du thermomètre, depuis les chaleurs extrêmes de la zone torride jusqu'aux plus grands froids de la Sibérie, est à peu près de 60°; elle n'est à Paris que d'environ 45°, et de 30 dans les années tempérées. Sous la zone torride cette variation est presque nulle; ainsi elle diminue comme la latitude.

Sous quelque latitude que ce soit, la température de l'atmosphère n'a jamais passé 32 à 34°: celles que l'on observe au-delà de ce terme sont toujours occasionées par des causes étrangères à celles qui produisent le calorique, telles que la réverbération par le sol, la concentration des rayons solaires, etc.; mais la chaleur diminue sans terme. Il est présumable que son extrême abaissement, observé en Sibérie et à la Nouvelle-Zemble, est encore surpassé par celui que l'on pourrait observer au nord du Spitzberg et tout-à-fait sous le pôle.

## INDICATION

De quelques températures remarquables au-dessus de zéro du thermomètre de Réaumur.

0 Glace fondante, mort des plantes de la zone torride, laissées en pleine terre.

2 $\frac{2}{3}$ Maximum de la condensation de l'eau.
3 $\frac{1}{2}$ Neige fondue.
5 L'huile d'olive commence à se défiger.
9 Température des caves, des puits profonds et des sources thermales.
11 Vaporisation abondante de la rosée terrestre.
12 Chaleur présumable des poissons.
16 Chaleur tempérée printanière.
17 Température moyenne des eaux de l'océan.
20 $\frac{1}{2}$ Le beurre entre en fusion.
28 Chaleur des grands quadrupèdes ; essaims d'abeilles.
29 Lait des vaches.
30 $\frac{1}{2}$ Chaleur observée à Paris en 1793.
32 Chaleur de la Martinique, chaleur humaine, plus exactement 29° 5'. — Ebullition de l'éther.
35 Chaleur de Syrie. — Incubation des poules.
36 Chaleur à tenir la main.
38 $\frac{1}{3}$ Chaleur du Sénégal.
40 Chaleur des oiseaux.

Wilson a vu à Baalbeck, en Syrie, pendant le souffle du siroco, le thermomètre réaumurien à 42°.

50 Cire fondante.
52 Chaleur des sables de la zone torride et de la Perse.

67 Ebullition de l'alkool.

69 Ebullition de l'eau au sommet du Mont-Blanc.

72 à 78. Ebullition du vin.

80 Ebullition de l'eau à l'air libre, et sous une pression de 28 pouces.

*Température au-dessus de* 80°.

| | |
|---|---|
| Ebullition du soufre. . . . . | 90 |
| Fusion du zinc. . . . . | 164 |
| Fusion du bismuth. . . . . | 190 |
| Fusion du plomb. . . . . | 209 |
| Ebullition du mercure. . . . . | 278 |

On peut mesurer jusqu'à ce degré, au moyen d'un thermomètre à mercure (celui à esprit-de-vin ou à alkool n'ayant une marche égale que jusqu'à 35 à 40 degrés sous zéro). Au-delà du terme indiqué par l'ébullition du mercure, on ne peut plus se servir du thermomètre ordinaire. Un Anglais (Wedgwod) a imaginé un instrument auquel il a donné le nom de *pyromètre*, et qui sert à mesurer les degrés de chaleur les plus élevés. Ce pyromètre est construit sur ce principe, que l'alumine pure, base de l'argile, au lieu de se dilater, comme la plupart des substances que l'on expose au feu, se contracte au contraire, et cela d'autant plus que la chaleur est plus grande. On moule des petits cylindres de cette matière, on les fait sécher, on les me-

sure bien exactement, on les jette dans la matière en fusion, dont on veut connaître la température, telles que l'argent, le cuivre; on les retire, et on en mesure le retrait. Le o du pyromètre répond au 464° degré du thermomètre de Réaumur (580° centig.); ce degré répond à la chaleur d'un morceau de fer qui commence à rougir. La fusion du cuivre répond à 27 degrés du pyromètre, ou à 2,024° R.

La fusion de l'argent à 28° pyromètre, ou à 2,082° thermomètre R.

La fusion de l'or à 32° pyromètre, ou à 2,315° R.

La fusion de la fonte de fer à 130° pyromètre, ou à 7,976° R.

La fusion du nikel et du manganèse à 160° du pyromètre, suivant Guyton et Richter : c'est presque 10,000° du thermomètre ordinaire; mais cette chaleur est loin d'équivaloir à celle que l'on peut obtenir par les miroirs ardens : et d'ailleurs il n'y a point de chaleur absolue, pas plus que de froid absolu. Entre ces deux extrêmes l'échelle est immense; chaque jour le génie de l'homme peut en reculer les limites.

### *Thermomètre de Bréguet.*

Cet ingénieux instrument ( fig. 2 ) a pour pièce principale une spirale S, composée de trois lames très-minces de métaux différemment dilatables, et placés dans l'ordre de leur dilatabi-

lité, à partir de la plus grande. Ces métaux sont l'or, l'argent et le platine. A l'extrémité de la spirale est suspendue une aiguille A, circulant sur un cercle gradué; le centre de la spirale est traversé par une tige de métal T. Quand le calorique agit sur ce thermomètre, l'une des lames composant la spirale, s'allongeant plus que l'autre, force la spirale à se courber ou à se tordre, et cela d'autant plus que la température est plus élevée. Les effets de ce thermomètre sont très-sensibles, en raison du peu d'épaisseur de la lame spirale et du peu de masse que la chaleur a à traverser : l'expérience prouve que l'aiguille parcourt des nombres égaux de degrés par des changemens égaux de température. En roulant la tige de métal T dans ses mains, en la replaçant au centre de la spirale, on voit l'aiguille A se mouvoir très-sensiblement : dans cette opération son déplacement va quelquefois jusqu'à 15 degrés.

M. Bréguet ayant placé sous le récipient d'une machine pneumatique un thermomètre à mercure marquant 19° centigrades avec son thermomètre métallique, et ayant fait le vide, le premier ne descendit que de 2° centigrades; le thermomètre métallique passa de 19° centigrades à 4°. Après avoir rendu l'air, le thermomètre métallique s'éleva jusqu'à 50° centigrades, tandis que l'autre était encore un peu au-dessous de 0.

## BRIQUETS.

Le feu est un des premiers besoins de l'homme, qui a imaginé toutes sortes de moyens pour se procurer partout cet élément indispensable ; ces moyens sont physiques et chimiques (1). Je vais parler des premiers.

*Briquet par choc.* — Le plus communément et le plus anciennement employé est le briquet d'acier, qui consiste en une lame d'acier que l'on façonne ordinairement, pour la commodité, en couronne ovale et plate. On frappe avec cette lame un morceau de silice ; le choc détache des particules d'acier, qui s'enflamment avec vivacité, et retombent sur l'amadou. Si on reçoit sur un papier blanc les particules que détache le choc du briquet, elles paraissent creuses comme de petites bombes, et ont la couleur des scories métalliques.

Le *briquet rotatif* se compose d'une petite roue d'acier, à laquelle on donne un mouvement rapide au moyen d'un archet. On présente à cette roue un morceau de silice ou de pierre à fusil garnie au-dessus d'un morceau d'amadou qui prend feu sur-le-champ.

*Briquet pneumatique.* — Ce briquet est un cylindre de laiton dans lequel on fait glisser

(1) Voyez, pour ce genre de briquets, la *Chimie récréative*.

un piston dont l'extrémité, garnie d'un cuir gras, entre avec effort. Cette extrémité est creusée d'une petite cavité dans laquelle on met un morceau d'amadou ; on place le piston à l'entrée du tube, on le comprime brusquement ; en le retirant aussitôt on trouve l'amadou enflammé.

Dans cette expérience, les élémens de l'air, comprimés avec force, et le calorique, dont l'intensité augmente toujours dans ce cas, produisent la chaleur et la flamme : cette flamme devient sensible quand on fait la compression dans un tube de verre.

*Briquet d'hydrogène.* — Ce briquet (fig. 3) est composé d'un récipient de verre A, communiquant par un long tube à un autre vase B, auquel il est hermétiquement soudé. Ce second vase est plein, jusqu'aux trois quarts, d'eau mêlée d'un peu d'acide sulfurique : on y fait plonger, au moyen d'un fil de laiton, un petit cylindre creux de zinc C ; l'eau acidulée se décompose en se portant sur le zinc ; son hydrogène, devenu libre, comprime la couche supérieure de l'eau contenue dans le vase B, et force ce liquide à s'élever dans le récipient A. D est un tube capillaire qui communique dans l'intérieur du vase B, et auquel est adapté un robinet : en le tournant, le gaz s'échappe ; l'eau du vase B s'élève par la compression de l'eau contenue dans le récipient supérieur A. Dans

le support E on place un électrophore ou un appareil électrique : le mouvement que l'eau imprime au robinet, pour ouvrir une issue au gaz hydrogène, fait mouvoir l'électrophore, et provoque le dégagement de deux étincelles, qui sortent par deux pointes *ee*, et enflamment le gaz.

On enflamme, au moyen du même appareil, l'oxide de platine (éponge ou mousse de platine), résultant de la précipitation de ce métal au moyen du zinc ; cet oxide s'enflamme en dirigeant sur lui un courant du gaz hydrogène ; l'étincelle électrique devient inutile, ainsi l'appareil est bien plus simple. Malheureusement l'éponge de platine exposée à l'air garde très-peu de temps la propriété d'enflammer le gaz hydrogène : on peut la lui rendre en chauffant l'oxide au rouge, et en le plongeant dans l'acide nitrique.

### *Propagation de la chaleur par les corps solides.*

On connaît un grand nombre d'autres moyens d'obtenir du feu. Deux morceaux de bois bien secs, frottés vivement et long-temps l'un contre l'autre, finissent par s'enflammer. Les naturels de l'Amérique se servaient d'un moyen analogue pour obtenir du feu, avant que les Européens ne découvrissent leur pays : ils faisaient un trou dans un morceau de bois, y faisaient entrer un autre morceau qu'ils tournaient dans leurs mains avec une grande rapidité. — Quand on éteint la

chaux avec une petite quantité d'eau, et quand cette substance entre en effervescence, il s'en dégage une chaleur assez forte pour enflammer des allumettes soufrées. — Quand on lime un morceau de fer, il s'en dégage beaucoup de chaleur; si on le frappe à coup rapides sur l'enclume, on enflamme une allumette en la frottant contre ce fer échauffé. — Enfin tel est l'influence du frottement des corps solides, quels qu'ils soient, pour engendrer de la chaleur, que le célèbre chimiste Davy, ayant pris deux disques de glace, et les ayant frottés l'un contre l'autre dans une atmosphère au-dessous de zéro du thermomètre, il s'en dégagea assez de chaleur pour les fondre.

J'indiquerai, dans les récréations chimiques, plusieurs autres moyens d'obtenir du calorique avec des corps froids.

Le temps que met un corps à s'échauffer, la durée de sa chaleur, dépendent principalement de la faculté conductrice, plus ou moins grande, de ce corps. On a distingué les corps, d'après les différences de cette propriété, en *bons* et en *mauvais conducteurs* du calorique. La plupart des métaux sont de très-bons conducteurs; cependant, dans ces substances mêmes, la communication est lente et bornée; elle décroît rapidement en s'éloignant du foyer, et ne s'étend pas, par exemple, dans une barre de fer, au-delà d'une toise, quelle que soit l'intensité de chaleur de l'extrémité chauffée, entrât-elle même en fusion. Les métaux

présentent, dans leur faculté conductrice, de grandes différences entre eux : l'or, l'argent et le fer tiennent le premier rang; le platine et le plomb sont les plus mauvais conducteurs. Dans la laine, le bois, le charbon, cette faculté conductrice est presque nulle.

Cette dernière substance offre, sous ce rapport, une propriété bien remarquable : cuit une seule fois, le charbon est si mauvais conducteur de la chaleur, que l'on peut le saisir à quelques lignes de l'endroit où il est embrasé; mais, si l'on fait recuire ce charbon, en le faisant rougir de nouveau, alors il devient aussi bon conducteur que le fer ou toute autre substance minérale conductrice au plus haut degré. Le charbon, imperméable dans le premier état au fluide galvanique, le transmet très-facilement quand il est dans le second état.

*Expérience.* — Prenez un gobelet de buis, percez deux trous sur ses côtés, et fermez-les bien exactement, l'un avec un morceau de charbon ordinaire, l'autre avec un morceau de charbon recuit; appliquez à l'extrémité externe de ces morceaux de charbon, et dans une petite cavité ménagée à cet effet, deux thermomètres; remplissez ensuite le gobelet de mercure chaud : le premier ne s'élèvera pas, le second s'élèvera rapidement. Cette expérience intéressante est encore peu connue des physiciens.

La terre, ou les parties des zones terrestres

exposées aux rayons du soleil, s'élèvent lentement à la température, qu'elles conserveraient constamment, si l'astre qui les échauffe parvenait tous les jours à la même élévation ; la terre et l'atmosphère s'échauffent graduellement jusqu'au solstice d'été, et ce n'est qu'après cette époque, quand le soleil retourne dans l'hémisphère opposé et s'éloigne de nous, que l'on sent l'effet d'une chaleur surabondante : les grandes chaleurs ne se font sentir qu'en juillet et août. Par une conséquence qui se rattache au même principe, la terre et l'atmosphère perdent lentement leur calorique, dont l'influence se fait sentir jusque vers le solstice d'hiver ; de sorte que les grands froids ne règnent qu'en janvier et février, lorsque le soleil revient vers l'équateur.

Il faut toujours juger du degré de froid de l'atmosphère et de la température du milieu, relativement aux circonstances, aux localités, et à toutes les causes matérielles, dont l'influence peut nous disposer à porter un jugement faux.

*Expérience.* — Si l'on met dans trois vases différens, de l'eau chaude, celle du premier vase à 10 degrés, celle du second à 30, celle du troisième à 60 ; et si, après avoir mis ses mains chacune dans un des vases à 10° et à 60°, on les plonge brusquement dans le vase à 30°, la main que l'on a tenue d'abord dans l'eau à 60°, croira l'eau de 30° à peine tiède, et celle que

l'on a tenue dans le vase à 10° la trouvera chaude. Nous sommes sans cesse exposés à ces erreurs de relation : ainsi quand un dégel arrive subitement, l'intérieur des maisons paraît plus froid. Les caves profondes paraissent fraîches l'été et chaudes l'hiver; cependant le thermomètre s'y soutient constamment de 8 à 10°. Mais l'été ces degrés sont en moins, ou infiniment au-dessous de la température de l'air extérieur; l'hiver ils sont en plus : ainsi quand le thermomètre marque huit sous zéro, les caves paraissent chaudes à 16°. — C'est par le même raisonnement que l'on explique pourquoi l'eau des sources paraît chaude l'hiver, et pourquoi elle fume en sortant des montagnes; pourquoi enfin, pendant l'été, l'eau des rivières paraît plus chaude la nuit que le jour.

### *Quelques autres expériences relatives au calorique.*

*Expérience.* — FAIRE FONDRE UNE BALLE DE PLOMB DANS DU PAPIER, SANS BRULER CELUI-CI. — Enveloppez une balle de plomb dans du papier, exposez-la, au moyen d'une pince, au sommet de la flamme d'une lampe, le plomb fondra sans que le papier soit endommagé. Dans cette expérience le calorique traverse le papier sans s'y fixer; elle sert à expliquer pourquoi on fait bouillir de l'eau dans un vase de plomb, et

pourquoi, lorsqu'on expose au feu des cafetières en fer-blanc, l'étamage reste intact.

*Expérience.* — Enveloppez une pierre ronde et polie avec un fil, exposez-le ensuite à la flamme d'une bougie, il ne brûlera pas.

*Expérience.*—Mouillez une feuille de papier, placez-la sur la main, et chargez-la d'un charbon enflammé, une vive chaleur se fera sentir, et on occasionera tous les accidens de la brûlure; mais le papier restera entier (1). Un linge sec appliqué sur la surface d'un corps métallique bon conducteur du calorique, ne brûlerait pas quand on le mettrait en contact avec un charbon enflammé.

*Expérience.*—Rendre le bois incombustible. — Délayez dans l'eau de l'alkali caustique, ou potasse caustique ; mêlez-y de l'argile jusqu'à ce que ce mélange ait la consistance d'une colle; appliquez cet enduit sur le bois, il le préserve de l'action du feu, et résiste en même temps à l'air et à la pluie.

C'est au moyen de divers enduits dont on n'a pas connu la nature, que l'espagnol Lionetto, qui fit à Paris, en 1809, des expériences si étonnantes relatives à l'incombustibilité, se préservait des atteintes du feu, des matières brûlantes, et des métaux fondus qu'il maniait impunément.

(1) On appelle cette expérience un *camouflet*; on en fait usage pour réveiller ceux qui ont la messéance de s'endormir au milieu d'une société.

*Expérience.* — MANIÈRE DE ROMPRE LE VERRE. — On rompt les verres plats avec la pointe de diamant dont se servent ordinairement les vitriers. On rompt les tubes et les cylindres en les entourant d'un fil trempé dans le soufre ou dans l'essence de térébenthine, et en l'enflammant. Dans les verreries on se sert d'un fil de matière ou de verre en fusion ; on favorise la rupture en versant de l'eau froide sur le verre en contact avec le corps chaud.

## *Volcan artificiel de Lémery.*

Cette expérience, due au savant chimiste Lémery, peut servir à expliquer l'action tumultueuse du gaz, ou des vapeurs souterraines qui se dégagent du sein des volcans, font trembler la terre, et détruisent les édifices les plus solides. Mêlez trente livres de soufre en poudre et autant de limaille de fer, humectez ce mélange avec de l'eau, et enterrez-le à deux pieds de profondeur; au bout de quinze à vingt heures cette matière fermente, par la réaction des principes qui la composent; des gaz se dégagent, soulèvent la terre; et, si l'enflammation a lieu, ce petit volcan vomit des cendres, du fer oxidé, et renverse tout ce qui se trouve près de lui.

# DE L'AIR ET DU SON.

## DE L'AIR.

La terre est enveloppée d'un fluide gazeux, composé lui-même de gaz de différentes natures : c'est ce qui constitue l'air ou l'atmosphère. L'air atmosphérique, qui s'étend à plusieurs lieues au-dessus de nous, est composé de $\frac{1}{5}$ de gaz oxigène, de $\frac{4}{5}$ de gaz azote, et d'un atome de gaz carbonique ; il est fluide, élastique, compressible, incolore, sans odeur et sans saveur sensibles, et d'une très-grande légèreté, puisqu'un litre de ce fluide ne pèse qu'un gramme et $\frac{1}{3}$, ou environ 25 grains, 800 fois moins qu'un décimètre cube d'eau.

*Expérience.* — On parvient à reconnaître le poids de l'air en prenant un ballon de verre d'une capacité connue, et auquel est adapté un robinet ; en faisant le vide au moyen de la machine pneumatique, en le pesant ensuite ; en le remplissant d'air, en le pesant une seconde fois : en comparant les poids, on trouve, par cette expérience, que le poids d'un litre d'air équi-

vaut à environ un gramme (25 grains). On obtient un résultat plein d'exactitude en absorbant l'eau contenue dans l'air dont on remplit le ballon, en le faisant passer à travers une couche de chlorure de chaux, et en tenant compte de la pression barométrique, qui fait varier le volume de l'air, et de la température qui le raréfie ou le condense suivant que celle-ci est plus ou moins élevée.

Le poids de l'atmosphère qui environne le globe, équivaut à une masse d'eau de 32 pieds d'épaisseur. Un pied cube d'eau pèse 64 livres, par conséquent 32 pieds cubes pèsent 2,048 livres. La surface du globe est évaluée, en pieds carrés, 5,547,800,000,000,000; chaque pied carré supporte donc le même poids de 2,048 livres, ce qui produit une masse de 11,361,894,400,000,000,000. Ainsi un homme de moyenne taille supporte un poids réel de 33,000 livres d'air, pression balancée par les pressions latérales, et par la réaction des fluides renfermés dans l'intérieur des organes.

*Expérience.* — On démontre l'acide carbonique contenu dans l'air, en exposant un grand vase rempli d'eau, tenant en dissolution de la chaux ou de la baryte; l'acide carbonique de l'air se combinant avec ces substances, il se forme à la surface du liquide une pellicule blanche, qui se précipite et reste insoluble à l'eau. L'analyse chimique de cette pellicule démontre

l'acide carbonique combiné à la chaux ou à la baryte, et formant des carbonates.

*Expérience.* — Faites passer à travers cette eau calcaire ou barytique, l'air expiré des poumons au moyen d'un tube, elle prendra une couleur laiteuse.

L'oxigène de l'air atmosphérique inspiré se combine, dans le poumon, avec les matériaux propres à former le sang : c'est ce gaz qui leur donne la vie et la couleur. L'air sort des poumons appauvri et chargé de gaz carbonique, qui blanchit l'eau en se combinant avec les substances qu'elle contient.

*Expérience.* — Expirez l'air des poumons dans un vase rempli de teinture de violettes ou de tournesol, colorée en vert au moyen de l'ammoniaque ou de tout autre alkali, cette teinture verte deviendra bleue, elle prendra ensuite une couleur rouge, effet produit par l'action de l'acide carbonique de l'air : de nouvelles doses d'alkali, ajoutées successivement, font repasser la liqueur de la couleur bleue et à la couleur verte. Cette expérience appartient plus à la chimie qu'à la physique amusante.

L'air atmosphérique est absolument nécessaire à l'existence de tous les êtres : l'homme, les quadrupèdes, les oiseaux, les insectes ne vivent que parce qu'ils respirent ; les poissons respirent l'air par leurs branchies, et ne pourraient pas exister dans le vide. Le mouvement

rapide de l'air produit les vents : ce phénomène, accompagné du déplacement successif des couches de l'atmosphère, a la plus grande ressemblance avec les eaux de l'océan agitées par les marées et les tempêtes. Ces vents ont quelquefois une très-grande vitesse ; on l'a observée de 135 pieds par seconde, ce qui équivaut à 80,000 toises par heure, ou environ trente lieues de 20 au degré. Si le vent ordinaire est capable des plus grands efforts, un vent de cette violence déracine les arbres, renverse les édifices, soulève des montagnes d'eau, brise les plus grands navires, et occasione enfin ces épouvantables ouragans qui ravagent si fréquemment nos colonies.

Les vents sont d'une très-grande utilité dans l'entretien de l'économie de notre planète ; ils contribuent au mouvement et au transport de tous les fluides vaporeux et gazeux ; ce sont eux qui changent, renouvellent, rafraîchissent et purifient les couches de l'atmosphère, en la balayant, pour ainsi dire, de son humidité surabondante et des corps étrangers qui altèrent sa pureté. Les vents dessèchent la terre au printemps, et la disposent à féconder les germes des végétaux ; ils ébranlent et font tomber les feuilles et les branches qui nuisent au développement des nouvelles feuilles et des nouvelles branches ; ils impriment aux végétaux un mouvement de balancement favorable à la circulation de leurs sucs et à leur développement : un arbre en plein vent est toujours

plus grand et plus vigoureux qu'un arbre abrité. Les vents favorisent la vaporation, et transportent jusqu'au sein des déserts, jusqu'au sommet des plus hautes montagnes, les nuages qui contribuent à l'entretien des fontaines et à la fertilisation. L'impression de l'air agit sur le corps de l'homme et des animaux, augmente la vie et l'énergie musculaire; rien ne contribue à la santé comme l'inspiration d'un air frais et pur : cette impression ne nuit qu'aux personnes dont le poumon est gravement affecté, aux phthisiques, aux asthmatiques. Les vents sont encore le véhicule d'une multitude de graines que la nature a disposées à être disséminées au loin, en les ornant d'aigrettes ou de membranes qui facilitent leur transport; ils dispersent également les œufs d'un grand nombre d'insectes, et les poussières séminales des végétaux à sexes séparés, tels que les saules, les peupliers, les palmiers, le chanvre, etc., etc. Enfin l'industrie humaine a su appliquer la force des vents au mouvement des moulins et à celui des navires.

Dans les basses régions de l'atmosphère l'air est rarement pur, il contient toujours de l'eau et des fluides qui lui sont étrangers, et qui sont fournis par l'évaporation des corps terrestres; il contient encore une grande quantité de calorique et plus ou moins de fluide électrique.

A quelque hauteur qu'on le puise, l'air atmosphérique présente toujours à peu près la même

composition chimique. L'examen comparatif qu'en ont fait les savans, Beddoès sur la côte de Guinée, Bertholet en Egypte, Macarty en Espagne, Humboldt en Amérique, Peron sur l'océan Pacifique, Gay-Lussac à Paris, en s'élevant à 7,000 mètres et en le puisant à cette hauteur, où jamais homme ne s'était encore élevé; l'examen et l'analyse chimique de ces différens airs n'y ont point fait reconnaître de différences bien sensibles, abstraction faite cependant des gaz et autres fluides ou corps étrangers à sa composition naturelle. Le célèbre de Saussure pense que l'air le plus pur et le plus propre à la respiration est à la hauteur moyenne de 300 toises au-dessus du niveau de l'océan, et qu'à une plus grande hauteur il perd sa pureté, c'est-à-dire qu'il n'a plus les mêmes qualités propres à l'entretien de la vie et de la végétation.

---

## BAROMÈTRE.

*Expérience.* — Prenez un tube de verre bien calibré et fermé à une de ses extrémités, remplissez ce tube de mercure, renversez-le ensuite en plongeant son extrémité ouverte dans une cuvette remplie du même métal, le mercure qui est dans le tube s'y soutiendra à peu près à 28 pouces.

La colonne d'air qui exerce une pression sur la surface du mercure contenu dans la cuvette, et sur l'extrémité du tube qui y plonge, n'étant point contre-balancée par une autre colonne, puisque l'extrémité supérieure du tube est fermée, l'air atmosphérique pèse de toute sa hauteur, et ce poids équivaut, comme on voit, à 28 pouces de mercure. Si l'on faisait cette expérience avec de l'eau, ce liquide s'élèverait à 32 pieds, dans un tube qui aurait assez de longueur : ainsi une pompe aspirante peut l'élever jusqu'à ce point, et jamais au-delà; l'eau ne franchirait cette élévation qu'étant mue par une puissance qui la comprimerait immédiatement, et qu'au moyen d'une pompe refoulante.

*Expérience.* — Prenez deux baromètres parfaitement égaux, placez l'un d'eux au pied d'une montagne, élevez-vous avec l'autre jusqu'au sommet; comparez ensuite les deux observations, faites au même instant, de la hauteur du mercure dans ces deux instrumens, vous trouverez une différence d'autantplus grande que la montagne sera plus élevée.

Plus on s'élève dans l'atmosphère, et plus l'épaisseur de la masse d'air diminue; elle est la plus épaisse possible et la plus dense au bord de l'océan, la moins épaisse et la plus raréfiée ou la plus légère au sommet des hautes montagnes, et au terme des plus grandes hauteurs où l'homme soit parvenu. En général une

ligne d'abaissement répond à une différence de 12 toises $\frac{1}{2}$ ou 75 pieds (25 mètres) (1) de hauteur verticale. Si l'on partait de ce principe, le calcul des hauteurs se réduirait à une seule opération arithmétique, à la simple multiplication de 75 pieds par le nombre des lignes d'abaissement. Mais, si l'on tient compte du décroissement des densités de l'air et de la température, on trouvera cette méthode de mesurer les hauteurs fort inexacte : on l'a rendue plus précise en tenant compte du décroissement de la densité de l'air en s'élevant verticalement. En partant du principe que l'air se comprime en raison du poids dont il est chargé, on trouve que quand les hauteurs sont en progressions arithmétiques, les densités correspondantes sont en progressions géométriques : or, si l'on exprime ces densités par le nombre des lignes qui les mesurent à partir de la ligne de niveau, et que d'une autre part on représente en toises les hauteurs auxquelles correspondent les élévations du mercure, on pourra considérer les nombres de toises comme logarithmes du nombre de lignes. En construisant une table d'après ce système, une simple comparaison des loga-

(1) Cette méthode est liée à l'étonnante et ingénieuse découverte faite au Puy-de-Dôme par Pascal et Perrier, lorsqu'ils appliquèrent l'abaissement du mercure dans le tube du baromètre, en s'élevant sur cette montagne, à la mesure de sa hauteur, tentative qui eut depuis de si nombreux et de si avantageux résultats pour les progrès de la géodésie.

rithmes correspondant aux lignes qui marquent, pour la même observation, le point le plus bas et le plus élevé du mercure dans le tube, donnera une différence qui est la hauteur cherchée.

C'est d'après ces données, dont le célèbre Laplace a singulièrement simplifié le calcul en les réduisant en formules, qu'ont été construites ces différentes tables, afin d'obtenir avec précision et d'un seul coup d'œil les hauteurs précises, au moyen du baromètre : celles calculées par Oltmanns, et publiées tous les ans dans l'*Annuaire des Longitudes*, sont les plus commodes, et les plus faciles à comprendre.

Voici une table des hauteurs principales du globe terrestre au-dessus du niveau moyen de l'océan (1).

| | |
|---|---|
| La plus haute cime de l'Himalaya, dans les Indes | 4,201 toises |
| Chimboraço, dans le Pérou | 3,350 |
| Antisana, volcan des Andes | 2,992 |
| Cotopaxi, *idem* | 2,951 |

(1) Ce n'est que relativement aux collines que ces élévations nous paraissent extraordinaires, et relativement à nous qui sommes si faibles et si petits. A quelques cents toises de hauteur on ne voit plus rien de l'homme ni de ses habitations. La hauteur des plus hautes Alpes n'est rien relativement au diamètre du globe. Le sommet le plus élevé de l'Himalaya n'a pas 2 lieues en ligne verticale : le diamètre de la terre en a 3,000. Cette hauteur sera exprimée par la très-petite fraction $\frac{2}{3000}$, ou $\frac{1}{1500}$, ou $\frac{1}{750}$, si l'on compare cette hauteur au rayon.

| | | |
|---|---|---|
| Mont Mowna-Roa ( îles Sandwick ) | 2,577 | toises |
| Limites inférieures des neiges perpétuelles sous l'équateur | 2,460 | |
| Mont-Blanc ( Savoie ) | 2,449 | |
| Mont-Ortler ( Tyrol ) | 2,410 | |
| Mont-Jungfrau ( Suisse ) | 2,144 | |
| Pic de Ténériffe | 1,903 | |
| Mont-Perdu ( Pyrénées ) | 1,762 | |
| Mont Etna ( Sicile ) | 1,660 | |
| Mont Liban | 1,490 | |
| Limite de la fonte des neiges sous le 45° de latitude | 1,310 | |
| Passage du Saint-Bernard ( Savoie ) | 1,245 | |
| Passage du Saint-Gothard ( Suisse ) | 1,064 | |
| Passage du Mont-Cénis ( Savoie ) | 1,060 | |
| Passage du Simplon ( Italie ) | 1,028 | |
| Mont-d'Or ( France ) | 972 | |
| Puy-de-Dôme ( Auvergne ) | 757 | |
| Le Ballon ( Vosges ) | 719 | |
| Mont Vésuve ( Naples ) | 614 | |
| Mont Hékla, volcan de l'Islande | 519 | |
| Montmartre, près Paris | 60 | (1). |

Toutes les causes qui influent sur le poids de l'atmosphère, influent nécessairement sur la colonne de mercure soutenue dans le baromètre à 28 pouces, et déterminent son élévation ou son abaissement : les vents, les vapeurs, la chaleur, le froid, les exhalaisons, les nuages, les brouillards, la hauteur relative des lieux. C'est en raison de ces variations que l'on connaît

(1) V. relativement à ces hauteurs, la carte savante que vient de publier M. de Humboldt. — Paris, 1826.

pre. Un pont ne manque que par la faiblesse des culées, ou par l'usure et la carie ou gelivure des pierres qui composent les voûtes des arches. La fig. 5 donne une idée de cette disposition.

*Expérience.* — Pressez un œuf avec vos mains croisées, dans le sens de son grand diamètre ou de ses deux *bouts*, vous parviendrez rarement, quelque effort que vous employiez, à le briser. L'explication de cette expérience repose sur la même théorie des voûtes.

*Expérience.* — Placez sur le plateau de la machine pneumatique un cylindre de verre, couvrez l'orifice supérieur d'une vessie mouillée, assujétie avec une ficelle; faites le vide, la vessie éclate aussitôt avec bruit. Une surface plate ne résiste pas à l'effort supporté par une surface courbe ou cintrée; une plaque de verre mise à la place de la vessie éclaterait également, sous l'effort ou la masse d'air qui vient presser sa surface quand on fait le vide.

*Expérience.* — Placez à l'orifice du même cylindre un gobelet de bois rempli de mercure, en faisant le vide, le métal traverse les pores du bois, et tombe en pluie d'argent sur le récipient.

*Expérience.* — Prenez deux hémisphères métalliques de 2 pieds de diamètre, creux, et dont les bords se joignent parfaitement au moyen d'un cuir gras; faites le vide dans la cavité de ces hé-

misphères réunis, au moyen d'un robinet placé vers le milieu d'un de leur hémisphère, l'air extérieur comprimera tellement leur surface, que les efforts de plusieurs chevaux ne pourront les séparer. On donne à ces hémisphères le nom d'Otto-Guérik, leur inventeur.

*Expérience.* — Faites brûler un morceau de papier dans un bocal, renversez-le dans une assiette pleine d'eau, le liquide s'élèvera aussitôt dans le vase renversé. Dans cette expérience, on opère le vide au moyen de la chaleur; l'air extérieur, plus lourd que l'air intérieur raréfié, pèse sur la surface du liquide, et détermine son ascension.

*Expérience.* — On remplit un verre d'eau jusqu'à une ou deux lignes de son bord, on applique à l'orifice une feuille de papier, et on le renverse ainsi en soutenant cette feuille avec la main; la main ôtée, la feuille de papier soutient l'eau du verre renversé; en posant le verre sur une table, on retire le papier, et l'eau reste en équilibre: dans cette expérience, la pression n'ayant lieu qu'à la surface inférieure, l'eau se soutient dans le verre. On répéterait cette expérience avec tout autre liquide, et même avec du mercure.

*Expérience.*—On place à la partie supérieure d'un tube de verre, d'un diamètre de 3 à 4 pouces et de 5 à 6 pieds de longueur, deux balles, l'une de plomb, l'autre de liége, et l'on fait le vide;

en favorisant la chute des deux balles, au moyen d'un mécanisme adapté au tube, elles tombent à la partie inférieure avec la même vitesse.

Les corps, en tombant, ont à vaincre l'obstacle que leur opposent les couches de l'air; plus ils ont de densité, plus ils en triomphent facilement. Ainsi, à l'air libre, la balle de plomb, plus pesante, tombera la première; mais, dans le vide cet obstacle n'existant plus, les deux balles arriveront en même temps.

*Expérience.* — Introduisez dans un tube de cinq à six pouces, environ un pouce d'eau; faites le vide, et fermez au moyen d'un robinet, ou à la lampe de l'émailleur; en retournant brusquement ce tube, l'eau se porte d'une extrémité à l'autre, en produisant un bruit semblable à un coup de marteau; si l'on remplace l'eau par le mercure, le coup est plus fort, et l'on voit un jet de lumière. Dans cette expérience, le bruit est produit par le liquide tombant sans obstacle, la lumière par l'électricité produite par le frottement du mercure sur le verre, et par la matière électrique dans le vide. (Voyez les expériences relatives à l'électricité.)

*Expérience.* — Placez sous le récipient une vessie de porc, contenant très-peu d'air; faites le vide, cette vessie se gonflera par l'expansion de l'air qu'elle contient; faites rentrer l'air dans le récipient, la vessie s'affaissera.

Une pomme ridée, soumise à la même expé-

rience, se gonfle, se remplit, et redevient ridée quand on introduit de l'air dans le récipient.

*Expérience.* — Faites à la coquille d'un œuf une petite ouverture, placez-le au fond d'un verre, sous le récipient de la machine pneumatique; en faisant le vide, toutes les parties de l'œuf s'échappent par l'ouverture pratiquée à la coquille; en rendant l'air au récipient, l'œuf se remplit.

*Expérience.* — Placez sous le récipient d'une machine pneumatique une chandelle allumée; en faisant le vide, sa flamme pâlit et s'éteint. Un oiseau ou un petit quadrupède, placés sous le même récipient, se débattent, respirent difficilement pendant qu'on fait le vide, et périssent infailliblement.

Un poisson surnage sur l'eau, se met sur le côté, et périt, mais plus lentement.

Quelques insectes ou quelques vers, les sangsues, par exemple, peuvent vivre long-temps dans le vide.

On rend la vie à ces animaux en leur rendant l'air, sans lequel il n'est point d'existence, même pour les poissons, qui respirent par les ouïes.

## *Pompes aspirantes.*

*Expérience.* — Plongez un tuyau de paille dans un verre d'eau, aspirez ou faites le vide avec la bouche, l'eau s'élèvera jusqu'à l'orifice supérieur : l'eau s'élèverait ainsi jusqu'à 32 pieds,

si l'aspiration pouvait être assez forte pour soutenir une colonne de liquide de cette élévation; mais ce liquide ne dépassera pas ce terme. Le mercure s'élèverait ainsi à 28 pouces; le vin et l'eau-de-vie(alkool), l'éther, plus légers que l'eau, s'élèveraient probablement au-dessus de 32 pieds: la densité de ces liquides étant parfaitement connue, j'ai trouvé ces différences par le calcul, qu'il serait curieux de vérifier par l'expérience. C'est sur cette théorie que sont construits une foule de machines et d'instrumens employés dans les expériences de physique et dans les arts. Une *pipète* est un tube ou chalumeau de verre portant vers sa partie moyenne une boule ou renflement (V. fig. 6); ce tube est droit ou coudé. Quand on veut séparer deux liquides formant deux couches dans le même vase, on plonge l'extrémité de l'instrument dans le liquide que l'on veut soutirer; on pipe jusqu'à ce que la boule soit remplie; on transporte le liquide aspiré dans un autre vase, et l'on continue l'aspiration jusqu'à parfaite séparation.

Les pompes ne sont que des pipètes d'un grand volume, et dans lesquelles le vide s'opère au moyen d'un piston; en levant le piston, l'eau s'élance dans le corps de la pompe; en refoulant le même piston, l'eau s'élève au-dessus, au moyen d'une soupape, ou est refoulée dans un tuyau parallèle au corps de pompe: l'eau refoulée ainsi peut s'élever indéfiniment.

Une seringue est une pompe aspirante et refoulante, un instrument qui opère le vide.

Les siphons ne sont que des tubes recourbés, à travers lesquels on introduit les liquides, et l'on en favorise l'écoulement au moyen du vide. Le siphon que l'on emploie le plus ordinairement est composé de deux branches, dont l'une est plus courte que l'autre : c'est celle-ci que l'on plonge dans le liquide que l'on veut faire écouler ou que l'on veut soutirer; en remplissant le siphon par une forte aspiration, la liqueur se précipite dans la plus longue branche, et s'écoule jusqu'au fond du vase, ou jusqu'à l'extrémité de la branche qui y plonge. On opère l'écoulement du liquide sans succion, en adaptant au siphon une pompe. Je me rappelle avoir réussi à provoquer le même écoulement en enfonçant dans la longue branche du siphon un tampon de linge mouillé, et en le tirant brusquement au moyen d'une ficelle. On le produit encore sans succion au moyen du *Siphon à boule* (fig. 7) : on remplit la longue branche de liquide jusqu'à la courbure *a*; on plonge la branche *b* dans le vase qui contient le liquide à soutirer, et l'on fait écouler celui qui remplit la longue branche du siphon; le vide s'opère, et l'écoulement s'établit.

*Expérience.*— Fontaine intermittente.— Cette fontaine (fig. 8) se compose d'un globe A, ayant plusieurs ouvertures, *a, b, c, d;* ce globe est tra-

versé par un tuyau *B C*, qui lui sert de support, s'élève à peu près jusqu'à un pouce de l'ouverture supérieure A, et qui est échancré à la partie inférieure C; cet appareil repose au centre d'un bassin *D E*, dont le fond est percé d'une petite ouverture *f*. On remplit la boule A par l'ouverture A, que l'on bouche ensuite, l'eau s'écoule par les ouvertures *a*, *b*, *c*, *d*; mais, comme l'ouverture *f* ne peut pas évacuer le bassin aussi promptement qu'il se remplit, l'eau monte au-dessus de l'échancrure C, intercepte la communication de l'air extérieur avec la boule : cet air ne pesant plus sur l'eau qui y est contenue, celle-ci cesse de couler; mais, quand l'eau du bassin a baissé au-dessous de l'échancrure *f*, l'eau de la boule recommence à couler.

*Expérience.* — SIPHON PAR PRESSION D'AIR (f.9.) — Remplissez aux $\frac{2}{3}$ un flacon d'eau, plongez dans ce liquide un siphon qui descende jusqu'au fond du vase, insufflez de l'air dans ce vase au moyen d'un tube qui traverse le bouchon, aussitôt l'eau comprimée coulera par le siphon.

*Expérience.* — ENTONNOIR MAGIQUE. — Ayez un double entonnoir de fer-blanc (fig. 10), un interne *A* sans ouverture, un externe *B* terminé par un tube ou goulot *C*, et percé à la partie latérale supérieure d'un petit trou *D*; remplissez de vin l'entonnoir B par le tube C, tenez la liqueur suspendue en fermant avec le doigt

l'ouverture *D*, versez de l'eau dans l'entonnoir interne; alors, en laissant entrer l'air par l'ouverture *D*, il s'écoulera du vin par le tube *C*, en sorte qu'il semblera que l'eau est changée en vin.

La raréfaction occasionée par la chaleur, dans un espace donné, rompt l'équilibre de l'air dont il est rempli. Si l'on fait du feu dans une cheminée, il s'opère dans son conduit un tirage très-fort; c'est une véritable ventilation, un véritable torrent d'air qui se précipite dans la cheminée comme dans le vide d'une machine pneumatique, et qui anime le foyer en le traversant, et agit avec la puissance d'un soufflet quand l'ouverture est étroite. Ce courant d'air assainit les appartemens par le renouvellement continuel de l'air : ceux qui sont chauffés par les cheminées sont infiniment plus sains que ceux qui le sont par les poêles; mais les cheminées donnent bien moins de chaleur; elles ont d'ailleurs l'inconvénient de causer plus fréquemment l'incendie, et d'enflammer, en attirant à leur foyer, tous les corps légers qui en approchent, telles que les robes flottantes des femmes et des enfans. Il ne se passe pas un hiver que les journaux n'annoncent la mort de plusieurs personnes, occasionée par le feu des cheminées.

*Expérience.* — Si l'on découpe une carte en spirale, et que l'on en pose le centre sur un pivot supporté par une longue tige; plaçant

cette spirale dans la cheminée, à 2 ou 3 pieds au-dessus du foyer, elle tournera avec plus ou moins de vitesse, suivant la force du *tirage*. J'ai vu dans le midi de la France des tourne-broches construits d'après ce principe, la spire de carte était remplacée par une spire en tôle. On trouve cet appareil gravé dans le tome II des *Récréations mathématiques d'Ozanam*. On a construit des roues à eau en spirales ou en hélices, qui ont avantageusement remplacé les roues ordinaires.

### *Expériences relatives à la condensation de l'air ou à sa compression.*

Les expériences que nous avons relatées prouvent clairement que l'air est éminemment élastique. Ce fluide n'est pas seulement susceptible d'une très-grande dilatation, il est aussi très-compressible; il conserve ainsi tout son ressort, et reprend son premier état quand les causes qui le condensent ou le compriment cessent d'agir. L'élasticité et la compressibilité de l'air sont constatées par un grand nombre d'expériences connues : une des plus faciles est celle de la *fontaine de compression* ( fig. 11 ).

*Expérience.* — On passe à travers le bouchon d'une bouteille un tube de verre que l'on fait descendre à un pouce de son fond; on remplit d'eau la bouteille aux $\frac{2}{3}$, et l'on insuffle de l'air dans le

tube; ce fluide vient se placer à la partie supérieure de l'eau, qu'il comprime fortement, et qu'il fait jaillir par le tube en forme de jet d'eau.

*Expérience.* — La fontaine de Héron (fig. 12) est construite d'après le même principe; elle se compose d'un vase divisé en trois cavités par des diaphragmes : la première, A B C D, est un bassin découvert; la seconde, C D E F, est un réservoir qu'on remplit d'eau jusqu'aux $\frac{2}{3}$ par une petite ouverture *a*, ménagée dans le diaphragme du bassin supérieur, et que l'on bouche ensuite; la troisième cavité, E F G H, est un récipient vide. Trois tubes sont ménagés dans la construction de cette machine : le tube *b c*, qui part du diaphragme supérieur, et descend jusqu'à un pouce du diaphragme inférieur; un tube *d e*, qui va de la cavité inférieure au niveau de l'eau contenue dans la cavité moyenne; enfin un tube *f g*, qui, du fond de cette cavité, s'élève à quelques pouces au-dessus du bassin supérieur.

En remplissant d'eau le bassin supérieur, elle descend dans l'inférieur par le tube *b c*, comprime l'air contenu dans ce bassin; cet air, chassé par le tube *d e*, comprime l'eau du bassin moyen C D E F, et force cette eau à monter dans le tube *f g*, et à former un jet. — On a construit des lampes d'après cette théorie, qui n'ont passé pour une invention nouvelle, ainsi que le trop fameux *autoclave*, qu'aux yeux de

ceux qui n'ont pas la moindre notion de physique expérimentale.

*Expérience.* — Achetez chez l'émailleur une de ces petites figures en émail appelées *ondins* ou *tudions*; placez-la dans un bocal rempli d'eau aux trois quarts, et fermez ce bocal avec une peau de vessie; en pressant sur cette peau, la petite figure qui surnage descend au fond du bocal; la compression cessant, elle remonte.

L'ondin est surmonté d'un petit globe en verre, percé d'un très-petit trou; l'air comprimé sur l'eau, qui est fort peu compressible, force celle-ci à pénétrer dans le globe : l'équilibre est alors rompu, et la petite figure descend; en cessant la compression, l'air reprend son ressort, chasse l'eau de la boule, et la figure remonte.

*Expérience.* — Placez à l'orifice d'un tube une boulette de papier, pressez-la fortement avec le souffle, elle franchira le tube et ira frapper fort loin, et d'autant plus loin que le tube a de longueur et que l'inspiration est forte. On construit, d'après cette expérience, un instrument appelé *canne à vent*, que l'on charge avec des boulettes d'argile, et avec lesquelles on peut toucher un objet à plus de soixante pas, et tuer des oiseaux. Si l'on prend un tube de sureau de huit à dix pouces, que l'on y enfonce une balle d'étoupe à six pouces, et qu'au moyen d'une nouvelle balle on chasse la première, celle-ci s'échappe avec bruit.

Le fusil à vent est encore construit d'après le même principe : c'est une canne à vent dont les balles reçoivent une violente impulsion par l'air renfermé et comprimé dans une crosse de cuir, et dont une portion suffisante pour chasser la balle, s'échappe au moyen d'un mécanisme particulier. Un fusil à vent bien fabriqué porte presqu'aussi loin qu'un fusil à poudre, et peut tirer plus de soixante coups sans que l'on soit obligé de recharger la crosse d'air : charge qui s'opère au moyen d'une pompe refoulante.

L'air étant éminemment élastique, on en remplit des ballons, qui, par leur grande légèreté, sont facilement lancés à une grande hauteur, et réjaillissent très-haut en tombant sur la terre. On en remplit aussi des matelas de toile gommée, et l'on peut en couvrir les lambris des appartemens où l'on renferme des malades sujets aux chutes et aux convulsions ; ces matelas forment un coucher fort doux. Cela me rappelle un jeu fort en usage chez les anciens Grecs, et qui consistait à sauter, sans se laisser tomber, sur des outres remplies de vent et huilées à la surface : ce jeu s'appelait *ascolies*. Les anciens faisaient servir ces outres à la navigation, pour rendre les cargaisons plus légères, et pour empêcher qu'elles ne fussent submergées ; les scaphandres ne sont donc point une invention nouvelle.

pincettes se propage le long de la corde, et vient frapper l'ouïe, qui n'est distraite par aucun autre bruit. Le son d'une cloche est formé d'ondulations très-sensibles, dont on saisit la progression, et dont on suit la diminution pendant près d'une minute : plus la cloche est grosse, plus ces ondulations sont sensibles, et plus elles ont de durée. Une corde très-grosse et très-longue a des ondulations lentes, faciles à compter, et qui ne rendent aucun son ; une corde mince, courte et tendue, a des ondulations rapides, et rend des sons d'autant plus aigus que la tension est plus forte. On a trouvé, au moyen d'un instrument appelé *monocorde*, qu'une vibration de 32 par seconde donne le premier son grave appréciable, et que la dernière limite des sons aigus appréciables est de 8,000 vibrations par seconde.

*Expérience.* — Mettez deux violons à l'unisson, suspendez un de ces instrumens à la cloison, tirez des sons de l'autre ; quand ces sons seront semblables à ceux que rendent les cordes du violon attaché à la cloison, elles vibreront d'une manière sensible.

Un grand bruit ne produit beaucoup d'effet sur les corps matériels qu'il vient frapper, qu'autant qu'il est à l'unisson avec ces corps. Pourquoi, dans une violente explosion, tous les corps fragiles, tels que les vitres, les glaces, etc., ne se brisent-ils pas ? C'est qu'ils ne sont pas tous à l'unisson avec le bruit de l'explosion. J'ai

vu un homme dont la voix forte brisait le verre et les vitres ; mais il essayait sa voix sur ces corps, il les frappait, et en imitait le timbre grave ou aigu.

*Expérience.* — Placez sous le récipient pneumatique un corps sonore, tel qu'un petit timbre de pendule ; faites le vide ; frappez ensuite le timbre ; celui-ci ne donnera aucun son, parce que l'air, au moyen duquel les sons se propagent, manque quand on a fait le vide.

*Expérience.* — Frappez avec le doigt, garni d'un dé à coudre, l'extrémité d'une longue poutre, l'oreille placée à l'autre extrémité, l'éloignement fût-il de cent toises, entendra et comptera les percussions, si faibles qu'elles soient. Ainsi le son se propage à travers des corps solides. M. Biot a perçu un son qui avait traversé des tuyaux de fonte de près de 1,000 mètres de longueur : ce célèbre physicien a remarqué que la transmission du son, par les corps solides, était infiniment plus rapide que par l'air. L'eau, qui peut être considérée comme un corps solide par rapport à l'air, transmet aussi les sons avec plus de vitesse ; les poissons entendent fort bien le bruit que l'on fait sur le rivage. Le son transmis par ces mêmes corps solides conserve plus long-temps son intensité. Quand on tire le canon à une grande distance, on n'entend rien dans l'air, et l'on entend très-distinctement en mettant son oreille contre terre.

Une corde qui vibre dans l'air, fixée à des corps mats, comme deux murs, produit peu de son; fixée à des cloisons en bois, minces et isolées, le son est plus marqué; à une caisse de bois dont les parois sont minces et vibrantes, le son est très-sensible. C'est sur ce principe que sont construits les violons, les pianos, les cors, les hautbois, les clarinettes, etc. : dans ces derniers instrumens on imprime des vibrations à l'air au moyen des lèvres ou d'une anche. La voix humaine et celle des animaux chantans n'est qu'un instrument vibratoire, auquel la nature a accordé une grande perfection.

*Expérience.* — Frappez un coup sec sur une table placée dans un appartement cintré ou voûté, le coup sera renvoyé par la paroi, il y aura *écho*. Le son se propage de tous côtés en ligne droite; s'il rencontre un objet sonore, il lui communique sa vibration, et d'autant plus que la sonoréité de ce corps est à l'unisson avec le bruit occasioné par le corps frappé : une partie de ce son est réfléchie sous un angle égal à l'angle d'incidence; si la paroi est frappée perpendiculairement, le rayon sonore revient sur lui-même, et dans le même sens; si la paroi est frappée par un rayon incliné de 10, de 15, de 20 degrés, le rayon réagit sous un pareil angle. La voûte d'un édifice ou d'un théâtre construit par un habile architecte, renvoie tous les sons aux spectateurs, dont on doit même entendre le

moindre chuchottement. J'ai vu en Italie des théâtres qui avaient cette merveilleuse perfection. Les troisièmes galeries du théâtre Feydeau, à Paris, sont placées, relativement à la voûte ou plate-forme, de manière que l'on croit entendre derrière soi parler et chanter les acteurs : j'ai souvent été trompé par cette illusion.

*Expérience.* — Le son parcourt 173 toises par seconde : ainsi un écho placé à 173 toises de la voix qui le frappe ou l'interroge, ne répondra que deux secondes après l'émission de la voix. Si la colline contre laquelle la voix va frapper est sensiblement inclinée, les sons qui iront frapper à la partie supérieure, ayant plus d'espace à parcourir que ceux qui frapperont à la base, se feront entendre les derniers, et paraîtront d'autant plus faibles qu'ils viendront de plus loin : la même différence dans l'intervalle et dans la force des sons aura lieu quand ceux-là iront frapper divers corps, rochers, cavités, bâtimens, etc. A (fig. 13) est le point de départ des rayons sonores, B C la surface inclinée qui les réfléchit; la ligne A B est plus courte que la ligne A D, celle-ci plus courte que la ligne A C; et, s'il y a entre A et B la distance de 173 toises, entre A et D 230 toises, entre A et C 260, le son, suivant la première ligne, reviendra à l'oreille après 2 secondes; le son de la seconde, après 2 secondes $\frac{2}{3}$; le son de la troisième, après 3 secondes : ces sons seront d'autant plus dis-

tincts, qu'il y aura plus d'intervalle entre eux; mais les derniers, ayant plus d'espace à parcourir, arriveront à l'oreille plus affaiblis (1).

Ainsi l'écho est simple, si la voix ne frappe qu'un seul corps perpendiculaire ou horizontal; double, triple, quadruple, multiple, s'il frappe une surface inclinée ou des objets placés à diverses distances. Quand on tire un coup de pistolet en plaine, on n'entend ordinairement qu'un seul coup; au milieu d'une vallée entourée de hautes montagnes, ce coup se répète un grand nombre de fois, d'abord avec une intensité de son presque égale, puis en diminuant d'intensité pendant l'espace de plusieurs secondes : j'ai compté ainsi plus de vingt répétitions. Ce sont ces échos qui rendent, dans les Alpes, le bruit du tonnerre si effrayant, au point que l'on croit réellement entendre plusieurs tonnerres réunis.

On trouve dans les mémoires de l'Académie des Sciences et dans divers ouvrages de physique et d'histoire naturelle, des observations curieuses relatives à des échos qui répètent un grand nombre de syllabes. On indique un écho dans les Appennins qui en répète 40; un autre en Angleterre qui répète cinquante fois le même son; s'il n'y a point d'exagération dans ce récit

(1) A b étant la ligne de 173 toises, x la différence, le premier son sera exprimé par 2 A b; le second par 2 A b, plus 2 x; le troisième par 2 A b, plus 3 x, etc.

des voyageurs, il est au moins bien difficile d'en donner une explication par les lois connues de l'acoustique. J'ai lu dans les *Transactions philosophiques* la description d'un écho qui répète plusieurs fois les sons d'un instrument, en baissant chaque fois l'intonation d'une tierce.

L'écho de Genetay, près de Rouen (1), est aussi fort remarquable en cela, que celui qui parle ou qui chante vis-à-vis cet écho, n'entend autre chose que sa voix; et que ceux qui écoutent n'entendent que l'écho, qui semble tantôt s'éloigner, tantôt s'approcher; et qui se fait entendre tantôt à droite, et tantôt à gauche.

Il y a à Paris plusieurs échos remarquables: celui de la Halle-au-Blé, placé au centre de la coupole, rend les sons avec une merveilleuse clarté; mais il est monosyllabe ou ne répète qu'un son.

L'écho du Conservatoire des arts et métiers est fort remarquable : deux personnes placées aux deux angles opposés de la salle voûtée où se trouve cet écho, et parlant à voix basse, s'entendent fort bien, quoiqu'à la distance de 50 pieds. Il y a un écho semblable dans une des salles de l'Observatoire. Il y en a encore un semblable au Musée des sculptures antiques, dans la salle neuve; si l'on approche son oreille des bords d'un des deux vases d'albâtre qui ornent le milieu de

(1) *Mém. acad.* 1692.

cette salle, on entend fort distinctement les paroles d'une personne qui parle à voix basse sur les bords du second vase, éloigné du premier de plusieurs toises. Une des grandes églises d'Agrigente présente la même singularité: une personne placée sous la porte d'entrée, entend distinctement les paroles d'une autre personne placée derrière le maître-autel, et qui parle à voix basse (1).

Tous ces échos sont occasionés par la disposition des voûtes ou du sol, et par la réflexion des rayons sonores qui aboutissent indirectement à l'oreille des personnes qui sont placées dans leur direction, sans que rien se fasse entendre à celles qui sont placées dans l'espace intermédiaire.

*Expérience.* — Placez dans la cloison d'une salle carrée un tuyau de fer-blanc qui ait à peu près un pouce de diamètre, et qui aboutisse à deux encoignures opposées; soudez sur l'angle rentrant une plaque qui fasse avec les rayons sonores deux angles égaux de quarante-cinq degrés, le moindre son de voix proféré à l'extrémité de ce tuyau se fera entendre distinctement à l'autre extrémité, où l'on pourra placer un buste à la bouche duquel le tuyau aboutira. Cette expérience est facile à expliquer par la loi d'incidence des rayons sonores; il est certain

(1) *Voyage en Sicile et à Malte*, par Brydone.

que sans la plaque placée sur l'angle rentrant on n'entendrait rien.

*Expérience.* — Faites tirer un coup de fusil, pendant la nuit (1), à la distance de 600 toises, vous verrez la lumière aussitôt que la poudre s'enflammera, et vous n'entendrez le bruit qu'un moment ou environ trois secondes après. La vitesse de la lumière est telle, que son émission est instantanée à toutes les distances terrestres ; il ne faut pas moins, suivant le calcul de Roëmer, de 80,000 lieues pour mesurer l'espace que cet agent parcourt en une seconde. Le son traverse les distances avec bien moins de rapidité ; la lumière du fusil frappera donc les yeux avant que le bruit ne vienne frapper les oreilles. Ces deux phénomènes ne se confondent que quand ils se passent si près de nous, que les distances infiniment petites deviennent tout-à-fait insensibles et incommensurables.

Entre l'éclair et le tonnerre il s'écoule ordinairement un espace de temps qui sert à mesurer la distance de l'orage et de la foudre, en comptant autant de fois 173 toises qu'il s'écoule de secondes entre ces deux phénomènes : le mouvement du pouls marque ces secondes quand ses mouvemens ne sont pas précipités par la peur. A 10 secondes il n'y a jamais de dan-

(1) Les sons se font mieux entendre la nuit que le jour, parce qu'ils sont plus isolés, et non traversés ou couverts par d'autres sons.

ger, à 6 on doit avoir quelques craintes, au-dessous de ce nombre l'orage et le danger sont imminens.

*Expérience.* — Prenez un verre à pied, remplissez-le d'eau jusqu'à quelques lignes du bord, faites résonner le verre en promenant circulairement sur ce bord votre doigt mouillé ; un grand nombre de petits flots blanchâtres, semblables à des rides, se formeront à la surface ; si vous précipitez le mouvement, l'eau jaillira sur la main qui fait l'expérience.

*Expérience.* — Prenez des lames carrées ou circulaires de verre ou de laiton, de 2 à 3 pouces de largeur ou de diamètre ; adoucissez-en les bords, et répandez uniformément à la surface un sablon bien fin ; en saisissant une de ces petites surfaces avec les doigts, et en passant l'archet d'un violon sur le bord opposé, la poussière répandue sur la surface sautille, jaillit, forme des lignes droites ou brisées, ovales, circulaires, carrées, losangiques, des figures irrégulières ou symétriques, et dont le dessin varie suivant les sons tirés des lames, et se reproduit comme ces sons. On voit dans le *Traité d'Acoustique* du savant Chladni, toutes les figures produites par les vibrations des lames, et dans la *Physique* de M. Haüy, une théorie très-lumineuse de ce singulier phénomène. (V. les fig. 13 bis.)

### *Imitation des éclairs, du tonnerre, de la pluie, de la neige et de la grêle.*

*Expérience.* — On imite les éclairs en jetant sur un réchaud de charbon, allumé dans un lieu obscur, des pincées de poudre à canon ou de lycopode : l'illusion est complète, si l'on place devant ce réchaud, et en face des spectateurs, une toile transparente sur laquelle on a peint des nuages et ménagé des jours ou scissures, qui laissent voir la lumière dans toute sa vivacité.

*Expérience.* — On imite le tonnerre en faisant rouler sur un plancher un tonneau vide, dans lequel on a renfermé un boulet ou une bombe.

*Expérience.* — En tendant sur un châssis du parchemin mouillé, en le laissant sécher ensuite, ce châssis, plus ou moins fortement agité, produit assez bien le bruit du tonnerre.

*Expérience.* — En secouant avec force une feuille ou lame de tôle de plusieurs pieds carrés, je crois que rien n'imite mieux le bruit d'un tonnerre lointain. Une lame de cuivre vaut mieux pour cette expérience qu'une lame de fer.

*Expérience.* — En faisant rouler un petit chariot fort lourd sur le plancher, et au haut du bâtiment, c'est ainsi que l'on imite le tonnerre dans plusieurs théâtres à Paris.

*Expérience.* — En faisant dégringoler du cailloutage dans un couloir en zigzag, garni de tôle, comme cela se pratique au Grand-Opéra, ce cailloutage remplit une trémie dont on agrandit à volonté l'ouverture d'écoulement.

*Expérience.* — On imite parfaitement les éclats du tonnerre, en suspendant à une corde, et à la distance de quelques pouces, des planchettes à peu près de la dimension de celles qui forment nos jalousies, et en les laissant tomber brusquement, de manière à ce qu'elles se frappent ou s'appliquent les unes sur les autres.

*Expérience.* — On imite le bruit que fait la pluie, en versant d'une certaine hauteur, sur un plan incliné et formé de planches minces, ou mieux de parchemin tendu, des pois ou des grains de blé; en versant ces graines d'un point plus élevé, ou avec des graines plus pesantes, on imite le bruit de la grêle.

*Expérience.* — On découpe une vingtaine de cercles de carton, de 5 à 6 pouces de diamètre (fig. 14); on les fend jusqu'au centre, que l'on perce d'un trou ayant un pouce de diamètre; on les colle ensuite l'un à l'autre, de manière que le bord A se trouve joint au bord B de l'autre cercle, celui-ci au bord C, etc. : il résulte de cette disposition que ces cercles forment entre eux une spirale, que l'on étend dans le sens de sa longueur, en tenant les cercles écartés de 2 à 3 pouces; on traverse leur diamètre d'une tringle de bois, sur

laquelle on les assujétit fortement avec de la colle ; on les couvre ensuite d'un triple papier bien tendu, l'appareil ressemble ainsi à un cylindre.

Quand on introduit du petit plomb par une extrémité de ce cylindre, si on l'incline faiblement, le plomb descend avec lenteur, et produit le bruit d'une pluie légère ; si on l'incline fortement, le choc du plomb contre les parois imitera une pluie averse.

*Expérience.* — On imite la neige en faisant tomber devant un rideau noir ou grisâtre des molécules de papier argenté : le papier blanc ordinaire ne produit pas, à beaucoup près, l'effet du papier argenté.

*Expérience.* — Pour imiter le *bruit du vent*, on enlace dans un châssis de bois d'environ 4 pieds carrés, un morceau de taffetas, de manière que ses côtés soient partout éloignés de deux pouces du bois ; on frotte ce taffetas tendu avec la main, garnie d'un gant de peau cirée.

On imite le bruit du canon en frappant sur une grosse caisse de musique un peu assourdie, d'abord un coup assez fort, puis immédiatement après un coup moins fort pour simuler l'écho.

# DE L'EAU.

De tous les fluides qui entourent notre planète, il n'y en a point, après l'air et le feu, ou le principe de la chaleur, qui soit plus répandu et plus abondant que *l'eau*. Renfermé dans un immense bassin, dont toutes les parties communiquent les unes avec les autres, l'océan présente une surface qui est presque les trois quarts de celle du globe, et dont la profondeur s'étend, en quelques endroits, presque autant que la ligne qui mesure la hauteur des montagnes les plus élevées. C'est dans ce vaste réservoir que la nature puise sans cesse les élémens des nuages, des pluies, et par conséquent de toutes les eaux douces répandues sur la terre, et qui forment les sources, les rivières, les lacs, etc., etc., sans que le niveau des mers paraisse diminué, bien que l'évaporation enlève annuellement à leur surface une couche d'eau que l'on évalue à peu près à un mètre, ou trois pieds.

L'eau réduite en vapeur, et élevée dans l'atmosphère, donne lieu aux différens phénomènes météorologiques : c'est là que se forment

les brouillards, les pluies, la neige, la grêle, les tempêtes, les vents. On doit considérer l'atmosphère comme un immense dépôt de vapeurs aqueuses, qui, en s'élevant de la terre, se condensent, se rapprochent, forment les nuages, les brouillards, qui ne sont que des nuages terrestres; la neige (molécule d'eau gelée avec lenteur et cristallisée régulièrement), la grêle, la rosée. Les nuages, agités par les vents, éclairés par les rayons du soleil, offrent à nos regards un grand nombre de nuances et de formes bizarres; leur masse est uniforme ou irrégulière, étendue d'une extrémité à l'autre de l'horizon, ou interrompue; grise, noire, blanche, rose, couleur de feu, couleur d'or, bleuâtre, arrondie ou anguleuse; présentant ainsi des figures de terres, d'îles, de fleuves, de forêts, de villes, d'hommes même, qui paraissent si ressemblantes, que le voyageur y a souvent été trompé: c'est ainsi que parurent à Cook, à Vancouver, à La Peyrouse, ces *terres de brumes*, ou îles nuageuses, qui s'évanouirent comme des fantômes de l'imagination lorsqu'on voulut les aborder, et ces figures nues d'athlètes et de géans, à l'horizon des plaines désertes ou des steppes des deux mondes.

La quantité de pluie qui tombe en différens lieux du globe, varie considérablement suivant les circonstances locales, et paraît dépendre de la température du climat, de l'éloignement de

la mer, du voisinage des terrains secs ou marécageux, de celui des montagnes, etc.

Dans les climats chauds les pluies sont plus abondantes que dans les climats froids; mais elles tombent moins fréquemment et par plus grande quantité à la fois : plus on s'approche de la ligne, plus cette quantité augmente. Ainsi on sait précisément que, s'il tombe durant une année moyenne 15 pouces d'eau à Saint-Pétersbourg, situé sous le 60e degré de latitude, il en tombe durant le même temps 17 pouces à Londres, 21 pouces à Paris, 25 à Toulouse, 37 à Rome, 111 à Calcuta, dans les îles orientales, et 113 à l'île Saint-Domingue. On a conclu, de diverses observations de ce genre, que la quantité moyenne d'eau tombée sur le globe était d'environ 35 pouces (1 mètre), ce qui équivaut à la quantité que l'évaporation enlève aux mers, et rétablit par conséquent l'équilibre. L'eau tombe de l'atmosphère sous forme de pluie, de neige et de grêle.

L'eau est contenue dans l'air en quantité plus ou moins considérable; elle est nécessaire à la respiration de l'homme et des animaux, et à l'entretien de la végétation, par la facilité et l'abondance avec lesquelles les feuilles l'absorbent. Les plantes grasses qui croissent au milieu des déserts sablonneux et brûlans de l'Afrique, les aloès, les cactus, les crassules, n'ayant presque pas de racines, ne se nourrissent que par l'ab-

sorption de leurs feuilles ou de leurs tiges membraneuses, et qui ont un tissu spongieux. Tant que l'air peut dissoudre les vapeurs aqueuses, tant qu'il est chaud et sec, l'atmosphère reste pure; mais quand l'air se refroidit, les molécules distantes se rapprochent, se condensent, et forment les brouillards, les nuages, etc.

L'eau à l'état liquide est sans couleur, sans saveur, sans odeur; elle est limpide et fraîche en variant de température, comme l'air qui l'environne; liquide à 0 du thermomètre de Réaumur, et jusqu'à 80 du même thermomètre; entrant alors en ébullition, et se réduisant en vapeurs; solide à l'état de neige, de givre, de glace, au-dessous de 0; regardée long-temps comme élément; décomposée par les chimistes en deux élémens gazeux, l'hydrogène et l'oxigène, dans la proportion de 12 à 88; enfin susceptible, quand elle est réduite en vapeurs, d'acquérir 1,700 fois son volume, et en même temps une force prodigieuse

L'eau, répandue avec une extrême abondance sur toute la surface du globe, est un agent nécessaire, indispensable au développement et à la vie des êtres organisés; elle entre dans la composition de leurs organes, elle entretient leur souplesse; elle fait végéter les plantes; elle favorise la digestion, en servant de véhicule et de dissolvant aux substances alimentaires. L'eau, à la température de 5 à 15°, est une

boisson saine et rafraîchissante ; froide et à l'état de neige ou de glace, elle est tonique, et quand on l'applique alors sur la peau, elle la rougit à la manière des vésicatoires volans ; tiède, elle est délayante, vomitive et sudorifique ; bouillante, elle produit l'effet d'un corps brûlant, fait naître sur la peau des vésicules, des escarres, et la décompose. Combien de propriétés différentes réunies dans une seule substance ! et quels effets les médecins ne peuvent-ils pas en obtenir dans le traitement des maladies !

L'eau que l'on emploie en boisson doit réunir les qualités suivantes :

Elle doit être fraîche, sans saveur et sans odeur.

Elle doit contenir de l'air ; sans cela, elle serait lourde et indigeste.

Elle ne doit pas être puisée dans un lieu ou dans le voisinage d'un lieu où fermentent des matières animales ou végétales, comme dans les étangs, les marais, etc.

Elle ne doit contenir que le moins possible de sels étrangers, tels que du carbonate et du sulfate de chaux et de magnésie. Ces sels rendent les eaux dures, indigestes ; leur ôtent en partie la faculté de dissoudre le savon, et de cuire les légumes.

Elle ne doit rien contenir d'étranger à sa composition, qui altère sa saveur d'une manière sensible, et qui change ou modifie ses propriété-

tés, comme la plupart des eaux minérales ferrugineuses, acidules, salines, sulfureuses, gazeuses, muriatiques, etc., froides ou thermales, répandues sur tous les points du globe, et dont quelques-unes servent cependant de boisson ordinaire aux habitans des pays où elles se rencontrent.

L'eau des rivières dont le cours est rapide, dont le lit est pierreux et sablonneux, est la meilleure de toutes les eaux; elle est douce, bien aérée, très-dissolvante, et légèrement laxative : on attribue cette dernière propriété soit aux sels magnésiens qu'elle tient en dissolution, soit aux substances végétales et animales. L'eau des grands fleuves a toujours été fort recherchée; celle du Nil passait, chez les anciens, pour la meilleure et la plus saine des eaux connues.

L'eau de source est crue et ordinairement chargée de sels calcaires et séléniteux; sa limpidité et sa température la font rechercher, malgré cet inconvénient. L'usage de cette eau, quand on en a peu l'habitude, occasione souvent des tranchées; mêlée aux vins, elle en altère la saveur, et quelquefois la couleur.

L'eau des lacs est ordinairement très-pure; sa limpidité est telle, que je me rappelle avoir aperçu le galet du lac de Genève, sur le rivage de la Savoie, à 80 pieds de profondeur. Près de là, ce lac a 900 pieds.

L'eau des marais ou mares est toujours plus

ou moins chargée de principes étrangers, provenant de la décomposition des végétaux et des animaux : cette eau a d'ailleurs une saveur putride qui répugne, même aux animaux les plus altérés.

Les eaux de pluie sont les plus pures de toutes les eaux ; mais il faut préalablement les purifier des matières étrangères dont elles se chargent en balayant l'atmosphère et les toits : elles se purifient en partie dans les citernes où on les conserve.

Les eaux de neige et de glace fondue contiennent peu d'air; elles sont fades au goût, pesantes sur l'estomac : on les rend potables en les agitant long-temps à l'air. Il est faux, comme on l'a prétendu, que ces eaux occasionent le goître.

L'eau de la Seine est douce, agréable, et très-salubre; elle est légèrement laxative : elle produit assez constamment cet effet sur les étrangers. On s'en préserve en y mêlant un peu de vin, d'eau-de-vie, ou de sirop de vinaigre.

### *Divers moyens pour purifier l'eau.*

*Eau pour la boisson.* — Couvrez le fond d'un pot à fleurs d'un tissu d'osier, mettez dessus 4 à 5 pouces de charbon en poudre, couvrez ce charbon d'une couche de sablon, et ce sablon d'une feuille de papier percée de trous ; filtrez l'eau avec cet appareil, qui est en petit

celui des vastes établissemens des eaux filtrées du quai Saint-Paul, à Paris.

*Eau pour les traversées.*—Rincez un tonneau plusieurs fois avec de l'eau de chaux, remplissez-le ensuite d'eau pure, qui se conservera plusieurs mois sans altération, dans les voyages maritimes de long cours.

*Autre moyen.* — Faites un tonneau avec des douves épaisses, faites du feu dans l'intérieur de manière à en carboniser les parois, remplissez-le ensuite avec de l'eau potable.

D'après les résultats obtenus par M. Desaussure fils, une mesure de charbon de bois absorbe 90 mesures de gaz ammoniaque, 85 d'acide de muriatique, 65 d'acide sulfureux, 55 d'hydrogène sulfuré, 40 de protoxide d'azote, 35 d'acide carbonique. C'est à cette faculté du charbon d'absorber les gaz, qu'il faut attribuer la propriété de cette substance de prévenir la putréfaction de l'eau, et même celle des viandes. On rend l'eau des marais très-pure et très-potable, en l'agitant avec du charbon de bois en poudre, ou du charbon d'os ou noir d'ivoire; la proportion est d'une once par livre de liquide, ou d'un quart d'once avec 5 à 6 gouttes d'acide sulfurique.

On rend les eaux de puits propres à dissoudre le savon, en décomposant leurs sels calcaires par un alkali, la potasse ou la soude, dans la proportion d'un à deux gros par voie d'eau. Ces

alkalis se combinent avec la chaux, et forment un précipité blanc : l'eau, bien purifiée par ce moyen chimique, peut aussi être employée à faire cuire les légumes. On rend, par le même moyen, l'eau de mer propre à laver le linge ; mais il faut la saturer de sels alkalins, et en séparer le précipité.

Lorsque l'eau tombe de l'atmosphère à la surface de la terre, elle humecte celle-ci et les plantes qui y végètent ; l'évaporation et l'absorption des feuilles la font bientôt disparaître : mais lorsque les pluies ont été abondantes, l'eau filtre à travers les terrains perméables, jusqu'à ce qu'elle rencontre une couche imperméable, soit de pierre, soit d'argile ; alors elle s'y réunit, et forme ainsi des réservoirs plus ou moins considérables qui s'épanchent par des conduits qui vont à la surface du sol former les sources, et de là les ruisseaux et les rivières. Cette origine des sources est plus naturelle et plus conforme à l'observation que celle que leur donnent Descartes et d'autres physiciens, qui imaginèrent que les eaux de la mer, pénétrant dans les cavités pratiquées par la nature au sein des montagnes, étaient réduites en vapeurs par des feux souterrains, et condensées par le froid au sommet de ces montagnes, comme dans le chapiteau d'un alambic. Cette théorie est évidemment erronée, et n'a pas besoin de réfutation : on est fâché qu'elle appartienne à un homme d'un

esprit aussi élevé et aussi méthodique qu'était celui de Descartes. Elle rendait d'ailleurs facile l'explication de plusieurs phénomènes relatifs aux sources, et qui, jusqu'à présent, ont beaucoup embarrassé les physiciens : telles sont, par exemple, les sources situées au sommet des montagnes qui n'ont point, dans leur voisinage, d'autres montagnes qui les dominent ; mais ces montagnes peuvent être situées à une très-grande distance, et fournir à ces sources par des conduits souterrains. Quel amas énorme de sels se serait déposé dans ces conduits depuis que la terre est créée ! sans doute qu'il les aurait comblés ; et cette objection suffirait seule pour renverser le système. Il y a des sources qui coulent sans interruption ; d'autres qui se tarissent pendant les temps chauds et la sécheresse : ces dernières appartiennent principalement au sol calcaire et aux collines peu élevées. Quelques sources sont irrégulières, et varient suivant les temps secs et humides ; la plupart s'accroissent et se troublent à la suite des pluies ou à la fonte des neiges. On trouve dans le *Journal des Savans* de Leipsick (1) la description d'une source qui tarit lorsqu'il a plu abondamment. On observe en différens pays des sources intermittentes, régulières ou irrégulières. J'ai vu deux de ces fontaines en Suisse, l'une dans le Grundelvald,

(1) *Acta eruditorum Lipsiens.*

l'autre dans le Jura, près de la route de Pontarlier à Jougne; celle-ci offre plusieurs intermittences en 24 heures.

La plus remarquable des sources intermittentes que l'on peut observer en France, est celle de Fontestorbe, près de Bellestat, dans les Pyrénées : l'eau de cette fontaine sourd pendant une demi-heure assez abondamment pour faire tourner un moulin ; ensuite l'écoulement cesse pendant une autre demi-heure.

*Expérience.* — Voici l'explication de ce phénomène: dans un vase cylindrique plongez un siphon dont la branche passe dans une ouverture située un peu au-dessous du bord supérieur; remplissez ce vase d'eau; aussitôt que son niveau se trouve au-dessus du siphon, elle s'écoule rapidement par son ouverture inférieure, et ne s'arrête que quand le vase est vide, et que le liquide est descendu au niveau de la branche interne. Si 'on remplit le vase, le même phénomène se répète; et si dans l'intérieur d'une montagne une cavité se trouve disposée comme cet appareil, il suffira qu'un filet d'eau moins abondant que celui qui s'écoule par le siphon, remplisse la capacité du bassin : s'il faut une heure de temps, l'intermittence sera d'une heure, et toujours le temps nécessaire pour que l'eau parvienne à la partie supérieure de la courbure du siphon. Cette théorie est simple ; si elle n'est pas suivant la nature, elle satisfait au moins la raison.

L'eau des sources est assez constamment d'une température égale de 8 à 9° du thermomètre de Réaumur; cette température est celle de l'intérieur de la terre, qui ne varie que très-peu. Ces sources ne gèlent pas par les plus grands froids, à moins qu'elles ne sourdent de terrains très-superficiels, et que pénètre la gelée, ou qu'elles ne soient fournies par des glacières qui ne fondent pas, et qui ne peuvent par conséquent alimenter ces sources que pendant la saison des chaleurs. Cette égalité de température les fait paraître fraîches l'été, tièdes l'hiver; ce qui a lieu en effet relativement à l'état de l'atmosphère dans ces deux saisons.

Les eaux des sources qui ont une température plus élevée, sont entretenues ainsi par des causes souterraines ou des agens qui produisent cette augmentation de chaleur, élevée quelquefois à un tel degré, que l'on peut à peine y tenir la main : ces eaux sont appelées *thermales*, et se rencontrent principalement dans les terrains volcaniques ou dans leur voisinage.

Les eaux de sources et celles qui coulent à la surface du globe, à travers diverses couches calcaires, gypseuses, ferrugineuses, bitumineuses, sulfureuses, etc., se chargent des molécules de ces matières, et les transportent au loin avec elles. On appelle *eaux minérales*, celles qui sont chargées de ces matières étrangères en assez grande quantité pour rendre leur odeur ou leur saveur sensible. Le nom d'eau

*simple* ou d'eau *pure* est réservé pour les eaux dont rien, ni dans la saveur, ni dans l'odeur, ni dans la couleur, n'annonce le mélange, ni la combinaison avec des matières étrangères. Cependant il est rare que l'on rencontre une eau parfaitement privée des particules propres au sol au milieu duquel elle coule. En général les plus pures sont les eaux qui sourdent des terrains primitifs, granitiques, quartzeux, porphyritiques ou sablonneux. Les eaux qui s'échappent des lits basaltiques ou des lits des anciens volcans, sont très-pures. L'Auvergne est renommée pour la pureté, la limpidité de ses fontaines et la salubrité de ses eaux.

Les eaux minérales sont chargées de toutes les matières solubles qu'elles ont enveloppées et dissoutes en traversant les montagnes ou les terrains qui les renferment; elles sont, indépendamment de ces matières salines, imprégnées de gaz, dont le dégagement s'effectue suivant le plus ou moins grand degré d'élasticité, de légèreté, et suivant le degré de température de l'air ambiant. Les gaz le plus communément contenus dans ces eaux sont le gaz acide carbonique, et le gaz hydrogène sulfuré : c'est ce dernier qui se dégage des eaux minérales sulfureuses, et qui infecte tous les lieux où il se répand. Une substance qui a presque la légèreté du gaz, et que l'on rencontre dans plusieurs fontaines, et même dans quelques ruis-

seaux et quelques rivières, c'est cette espèce de bitume appelé *naphte* ou *pétrole*. Ce bitume surnage l'eau; quelquefois il se raréfie et se vaporise par la chaleur, et s'enflamme aussi brusquement que l'esprit-de-vin quand on approche un corps enflammé des vapeurs qui s'en exhalent. On rencontre abondamment des fontaines bitumineuses et asphaltiques dans l'Inde, en Perse, en Géorgie, en Sicile, aux environs de Naples, et dans plusieurs endroits au nord de l'Italie, sur le revers de l'Apennin. On trouve quelques-unes de ces sources en France, particulièrement dans les départemens de l'Ain et de l'Hérault.

Les principales matières qui composent les eaux minérales naturelles, sont les sels formés par la soude, la magnésie, la chaux, unies aux acides sulfurique, hydrochlorique (acide muriatique) et carbonique. Ce dernier acide se trouve fréquemment combiné avec le fer, dans les eaux minérales le plus fréquemment répandues sur notre sol, et particulièrement dans les eaux ferrugineuses, qui se trouvent presque partout. On trouve fréquemment la silice dans les eaux minérales; celles de Plombières en contiennent environ $\frac{7}{100}$, et celles de Carlsbad $\frac{9}{100}$. Cette matière, si réfractaire au feu le plus ardent, sature certaines sources de l'Islande, et forme sur leurs bords des masses concrétionnées. Les eaux de Pyrmont contiennent une assez forte proportion d'alumine; le soufre existe très-sen-

siblement dans celles de Bagnères et de Baréges; enfin celles de Plombières contiennent de la gélatine.

Les eaux minérales sont froides ou chaudes ( thermales ); leur température est constante, quelle que soit celle de l'air ambiant. Le célèbre Ramond fait observer que les eaux de Bagnères, connues depuis 2000 ans, coulent toujours dans le même lieu, et avec la même température.

Voici un tableau qui rendra facile la connaissance des eaux minérales, par la seule analyse des sens.

Saveur acidule, odeur nulle. { Dégageant des bulles d'air et perdant leur saveur à l'air. — *Eaux acidules carboniques.* / Ne dégageant pas de bulles d'air, et ne perdant pas leur saveur à l'air. — *Eaux acidules sulfuriques.*

Saveur acerbe, styptique, ferrugineuse, odeur nulle. — *Eaux minérales ferrugineuses.*

Saveur et odeur d'œufs pouris. — *Eaux sulfureuses ou hépatiques.*

Saveur salée, odeur nulle. — *Eaux salines.*

Saveur et odeur fades, toucher savonneux. — *Eaux savonneuses, gélatineuses.*

Saveur et odeur bitumineuses. — *Eaux bitumineuses.*

Saveur et odeur nulles. — *Eaux douces.*

## *Eau hygrométrique.*

L'eau vaporeuse ou en état de vapeur humide agit sur un grand nombre de substances sèches et spongieuses; elle les pénètre, les dilate, et les déforme. L'humidité de l'air gonfle le bois des portes et des croisées, et en gêne le mouvement. Cette connaissance de la dilatation du bois par l'humidité, a fait imaginer un ingé-

nieux procédé long-temps mis en usage pour l'extraction des pierres à meules. Quand on veut arracher de sa carrière une de ces pierres, on pratique sous sa masse une rainure profonde, dans laquelle on introduit des coins de bois bien séchés au four, que l'on humecte ensuite avec de l'eau, retenue au moyen d'une rigole de terre grasse : ces coins se gonflent, et la meule se détache avec un grand bruit.

Les cordes de chanvre ou d'écorce se gonflent également quand on les plonge dans l'eau, se roulent, se tortillent, et diminuent de longueur (1). On construit, d'après cette propriété, des hygromètres qui sont d'assez bons indicateurs des changemens de temps : c'est tantot une corde tendue, et dont la tension, plus ou moins grande, est indiquée par une planchette graduée; tantôt une corde à boyau qui se tord par l'humidité, se détord par la sécheresse, et fait mouvoir un signe indicateur, une main ou un capuchon. La torsion des barbes des graminées, des tiges de plusieurs mousses (2) ; l'épanouissement du calice desséché des carlines (3), et de plu-

(1) Tendez une corde bien sèche entre deux arbres, mouillez-la, ou elle se rompra, ou elle les fera courber. Tout le monde connaît une anectode relative à l'élévation d'un obélisque sur une des places de Rome : tous les efforts devenaient impuissans, lorsque quelqu'un cria, *mouillez les cordes ;* ce conseil fut suivi, et l'obélisque s'éleva sur son piédestal.

(2) *Mnium hygrometricum.*

(3) *Carlina acaulis, Dipsacus, etc.*

sieurs chardons, de cardères, etc., sont encore autant de signes indicateurs de l'état hygrométrique de l'air. Les cheveux se détordent et s'allongent par l'humidité, ce qui dépend de l'arrangement de leurs fibres longitudinales et parallèles entre elles et formant un tube. L'hygromètre de Saussure, le plus exact et le plus en usage, est en cheveux.

## DE LA NEIGE.

La congélation lente des molécules aqueuses, qui forment les brouillards et la pluie, produit la neige; ses flocons sont composés d'une multitude de petites aiguilles surajoutées, réunies parallèlement sous des angles toujours égaux de 60°, imitant les barbes d'une plume, et formant une étoile à 6 rayons. Sous notre latitude et dans nos plaines, il est rare que la neige présente ces cristaux en tombant de l'atmosphère; ils se fondent et se déforment en traversant les couches les plus basses. Ce n'est qu'après plusieurs jours d'un froid soutenu de 7 à 10° T. R., et par un vent de nord-est, que l'on observe à Paris ce phénomène de cristallisation. J'ai vu tomber en France de la neige en flocons réguliers, pendant les hivers de 1805 et 1813, et à Paris pendant l'hiver de 1815 : ce phénomène est constant sur les Alpes, à la hauteur de 1,000 à 1,200 toises.

La neige qui tombe à une température de 0 à 3° du thermomètre de Réaumur, est en flocons très-légers, très-confusément cristallisés, et comme laineux : *vellera aquarum tacentium*, semblables à une toison. Au printemps elle est souvent accompagnée de pluie, et fond promptement. En hiver, et quand le froid est vif, les flocons sont ordinairement petits, serrés, durs, compactes et réguliers; plus ils sont durs, plus les cristaux sont apparens, plus il fait froid.

Cassini et Mairan avaient déjà observé des flocons de neige étoilés, à Paris; le premier en 1692, le second en 1735. J'ai dessiné avec beaucoup de soin les flocons de neige que j'ai été a même d'observer si souvent sur les Alpes. La figure 15 représente une molécule de neige à six rayons simples, et sans autre cristal additionnel ou surajouté. La figure 16 offre cette molécule primitive avec des cristaux surajoutés. La fig. 17 représente un flocon de neige, telle qu'elle tombe pendant les plus grands froids, lorsque règnent les vents du nord et nord-est. La figure 18 représente un flocon de neige avec des barbes ou des cristaux en contact. Cette cristallisation est rare : il peut exister des flocons encore plus composés. La neige, presque toujours déformée en arrivant à terre, soit par le froissement, soit par l'abaissement de la température dans les basses régions de l'atmosphère, présente toujours la même disposition des cristaux ou molécules qui

la composent : il n'y a de déformé que la cristallisation primitive. Les flocons ne sont plus en étoile régulière ; mais leurs rameaux paraissent toujours chargés de molécules insérées sur leurs tiges, sous l'angle constant de 60°, abstraction faite du dérangement occasioné par des causes extérieures et matérielles, telles que le vent et la pression. J'ai dessiné un de ces flocons; c'est celui qui est représenté à la figure 19. On remarquera cette cristallisation régulière sur les flocons de la neige la plus commune, et qui n'aura point été tassée, inconvénient que l'on préviendra en recevant les flocons tombant des nuages, sur un carton recouvert de papier noir. Dans les plaines, la chute de la neige en flocons régulièrement cristallisés annonce un très-grand froid ; la neige floconneuse en flocons irréguliers, presqu'en fusion, annonce une diminution prochaine du froid.

Les nuages neigeux épuisent le calorique de l'atmosphère, et font promptement baisser le thermomètre. Il est facile de les reconnaître d'ailleurs à leur couleur grise, à leur opacité, et parce qu'ils sont presque toujours poussés par un des vents de la région du nord. D'ailleurs il n'y a point de froid extrême sans neige ; et les pays où la neige persiste toute l'année sur les montagnes, sont toujours froids, quand le vent souffle de cette région, et sont exposés aux changemens brusques de la température, si désastreux pour la végétation.

Les glaciers des Alpes ne sont que d'immenses amas de neige que les chaleurs de l'été ne fondent pas entièrement, et qui se tassent ou se durcissent au point de devenir semblables, pour la solidité et la couleur, à de la glace formée par la congélation de l'eau. Ces amas immenses de neige durcie, dont l'épaisseur est dans quelques endroits de cinq à six cents pieds, reposant toujours sur un plan incliné, se séparent en énormes fragmens, qui laissent entre eux de profondes crevasses que recouvre souvent une couche de neige fraîchement tombée, cachant ainsi au voyageur imprudent un précipice au fond duquel il trouve toujours une mort cruelle. D'autres masses se détachent, et roulent dans les vallées, entraînant tout dans leur chute, et retentissant du bruit de cent tonnerres réunis. Il y a des glaciers qui, laissant fondre une partie de leurs glaces pendant la saison des chaleurs, se remplissent de cavités, et offrent ainsi l'aspect d'une ville ruiné. On y admire des voûtes d'une surprenante hardiesse, des colonnes droites et couchées, entières et rompues ; des piédestaux, des chapitaux d'une architecture bizarre, des fragmens qui ont la forme de statues colossales, ou d'animaux à forme monstrueuse et inconnue : tel est l'aspect qu'offrit à mes regards étonnés le vaste glacier qui borde la vallée du Trient, et au pied duquel passe le chemin qui conduit de Martigny au Mont-Blanc; une ville de glace,

une palmyre en cristal, et qu'embellit encore la lumière du soleil, en colorant ses monumens des mille nuances de l'arc-en-ciel.

La neige est un bienfait pour les végétaux exposés, sans abri, à toute la rigueur des hivers.

La neige, en couvrant la terre, maintient la chaleur et la végétation, préserve du gel les plantes les plus tendres. Dieu donna la neige à la terre pour vêtement, dit l'Ecclésiaste : *Deus dedit nivem sicut vestimentum terræ.*

Sa grande légèreté prévient tout froissement des êtres délicats qu'elle enveloppe et qu'elle recouvre. Cette légèreté est si grande, que douze parties de neige, étant fondues, ne donnent qu'une partie d'eau.

La neige entretient le ton de l'économie de l'homme et des animaux ; elle les affermit, les fortifie, et développe les forces musculaires. Appliquée sur la peau, et surtout en frictions, elle l'enflamme et la rubéfie ; elle favorise la circulation de ses vaisseaux capillaires, et celle de ses vaisseaux lymphatiques, ainsi que la résorption des humeurs épanchées dans le tissu cellulaire, et la résolution des tumeurs et des engorgemens atoniques. On fait avec succès usage de ces frictions dans le traitement des engelures. Les Russes se roulent dans la neige en sortant d'une étuve échauffée à près de 45° du thermomètre centigrade (37 Réaumur) : l'impression de ces deux températures, si opposées, augmente pro-

digieusement leurs forces musculaires et digestives. ( Voyez Bartholin, *de Usu nivis.*)

A l'intérieur, la neige est un bon tonique; on en prépare des *glaces*, que l'on sucre et que l'on aromatise suivant le goût des personnes auxquelles peut convenir cette préparation tonique et échauffante.

Voici la manière de préparer ces glaces : on choisit de la neige nouvellement tombée, légère et bien propre; sur une livre on met une demi-livre de sucre en poudre ou de cassonade blanche, une ou deux onces de suc de groseilles, de citron ou d'ananas, ou de poudre de chocolat à la vanille; on remue ces substances avec une cuillère d'argent, dans un bol de porcelaine, jusqu'au moment où la neige se ramollit et commence à se fondre. Ces glaces se font à peu de frais, mais dans une saison où l'on n'en fait pas usage.

*Expérience.*—Givre artificiel.—Remplissez de glace pilée un bocal de verre mince, bien essuyé au dehors; exposez-le ensuite dans un endroit humide, on voit bientôt sa surface se couvrir d'une couche légère de glaçons semblables au givre : ce givre artificiel provient des molécules d'eau dont est remplie l'atmosphère environnante, qui s'attachent aux parois du vase, et s'y congèlent. Le givre naturel provient de l'humidité de la couche inférieure de l'atmosphère ou de la rosée terrestre.

## DU FROID.

Le froid, que quelques auteurs ont considéré comme un agent particulier, n'est que la diminution de la chaleur, et par conséquent un être de raison ou d'abstraction. Il n'y a pas, pour notre atmosphère, de froid absolu; ses degrés suivent la diminution du calorique, diminution à laquelle on n'a pu encore assigner de terme.

Les différences extrêmes des constitutions atmosphériques et de la température, en produisent de très-grandes sur l'économie physique et morale de l'homme et des animaux. Quand l'atmosphère devient froide, que le ciel se couvre de sombres nuages, que le vent souffle du nord, tout dans la nature devient triste et silencieux: que la température s'adoucisse, que le soleil araisse, tout s'anime, tout reprend une vie nouvelle. On observe les mêmes changemens dans les influences générales des régions de la terre et des climats, dans les influences des localités et dans celles des saisons: l'homme surtout y est sensible; son caractère et sa constitution en reçoivent des modifications très-remarquables.

Le froid influe sur la vitalité des êtres d'une manière fort remarquable: toute leur économie réagit contre son action; les corps en deviennent plus compactes et plus fermes, l'appétit

augmente, la digestion se fait mieux, la circulation est plus active. Il faut attribuer à cette influence la grandeur et la force des peuples du Nord.

Le froid, en retardant et en diminuant la puissance germinatrice dans les végétaux et dans les animaux, les tient dans un état de verdeur et de jeunesse qui favorise le développement des organes et des forces physiques. La vie s'use moins dans le nord, et dure plus long-temps. Cette influence salutaire est d'autant mieux marquée, que les individus sur lesquels elle agit sont en état, par la vigueur de leur constitution, d'en supporter l'action directe, qui est bien évidemment débilitante. Le froid occasione aux personnes faibles des frissons continuels, des douleurs d'entrailles et de poitrine, de la toux, des points de côté, des maux de dents et de nerfs, des ophtalmies, et sur tous les êtres en général, un spasme de toute la surface cutanée, accompagné du redressement des poils et de la saillie de leurs bulbes ou racines, état que l'on désigne sous le nom de *chair de poule*. Ce spasme resserre les tissus, et produit un amaigrissement apparent : on sait avec quelle facilité les bagues s'échappent alors des doigts. Le froid produit des gerçures ou crevasses, des engelures; rend douloureuses les anciennes cicatrices, endurcit le derme des enfans nouveau-nés, détermine le sang à quitter les vaisseaux ou les capillaires cutanés, et à se porter au cerveau et à la poitrine :

de là cette tendance au carus, aux vertiges et à l'apoplexie, aux catarrhes aigus, aux pleurésies, aux hémorragies, etc.; de là encore ce désir presque insurmontable de s'abandonner au sommeil quand on voyage sur les glaciers des Alpes, et que l'on respire quelque temps un air très-raréfié, et d'une température très-basse, comme je l'ai éprouvé moi-même plusieurs fois. Le froid exerce aussi l'influence la plus marquée sur l'appareil nerveux, et diminue l'activité de la vie extérieure ou de relation; il diminue l'intelligence et la mémoire, anéantit l'imagination, distrait l'attention, émousse la sensibilité, produit l'engourdissement et la gangrène sèche, maladie qui fait périr infailliblement les végétaux et les parties des végétaux qu'un froid subit et trop vif a attaqués.

Le froid hérisse le poil des quadrupèdes et le plumage des oiseaux, il les décolore et les blanchit; il rend les animaux plus hargneux et plus féroces, fait naître la rage comme les grandes chaleurs, mais moins fréquemment. Il nuit aussi au développement et à la saveur des fruits et des grains: les blés d'Afrique ont plus de poids, et donnent de meilleur pain que les blés de nos climats; les fruits du midi sont bien plus sucrés, bien plus parfumés, plus savoureux et plus nourrissans. Le froid développe dans la chair des animaux plus de graisse; la chaleur plus de gélatine et plus de saveur.

L'air condensé par le froid est plus pur et plus riche en oxigène, le sang veineux devient plus complétement rutilant et artériel, l'exercice est plus rapide, le sommeil plus profond ; il dure plusieurs mois chez les animaux dormeurs, tels que les marmottes, les loirs, les blaireaux, les serpens. C'est à l'influence du froid, ou plutôt à la privation des rayons du soleil perpendiculaire, que les peuples du Nord doivent la blancheur de leur peau et la teinte blonde de leurs cheveux.

Les mousses, les lichens, quelques espèces de graminées, résistent au froid épouvantable du Groënland et de la Nouvelle-Zemble. J'ai trouvé l'*aretia alpina*, petite plante de la famille des lisimachies, sur les sommets les plus élevés du St-Gothard, à 7,000 pieds d'élévation. M. de Saussure trouva sur le Mont-Blanc le *silene acaulis*, à la hauteur de plus de 10 mille pieds, et les *lichens sulfureus et rupestris* sur les rochers les plus élevés de cette montagne.

Les animaux et les végétaux résistent au froid, tant que celui-ci n'est ni assez intense ni assez durable pour éteindre toute action vitale dans ces êtres. Il y a des poissons, tels que l'anguille, des mollusques, des œufs d'insectes, qui ne périssent pas, même après avoir été roidis par la gelée.

Les graines résistent mieux au froid que toutes les autres parties des végétaux. Le principe qui

les conserve renferme en lui l'élément essentiel de leur germination, et est essentiellement vital. C'est vers le centre que cette vie se concentre; c'est de là qu'elle irradie dans tout l'organe, quand la chaleur vient la ranimer; c'est au centre des tiges et des racines que se concentre ce même principe, quand l'hiver vient suspendre la végétation. Faites geler un œuf, la cicatricule reste fluide, et ne cède qu'à un froid plus rigoureux; faites le durcir par la chaleur, ce centre vital ne semble point altéré, que déjà toutes ses enveloppes se sont solidifiées et sont devenues opaques : c'est le dernier refuge de la nature poursuivie. Comment se conservent, malgré les froids de l'atmosphère les plus intenses, ces plantes délicates qui couvrent la terre, au printemps, de leur verdure et de leurs fleurs? c'est parce qu'elles sont pénétrées de cette vie végétative, et que cette puissance vitale réagit et triomphe.

Voici quelques indications de températures au-dessous de zéro du thermomètre de Réaumur.

0 Glace fondante, cessation de la fermentation putride.
1 Congélation de l'eau et du lait.
3 du vinaigre et de l'urine.
4 du vin faible, de l'encre.
5 du vin de Bourgogne et de Bordeaux.
6 Les petites rivières gèlent, la Seine charrie.
7 Hiver moyen à Paris.
10 La Seine se prend, mais après quelques jours de ce froid continu.

17 8/10 Congélation de l'eau-de-vie faible; — froid observé le 6 février 1665, et le 31 décembre 1788; — mort de la moitié des noyers et des châtaigniers.

18 5/10 Hiver de 1709 : en Provence, un grand nombre d'orangers et d'oliviers périrent; — le 4 janvier, le froid se fit sentir aussi vivement en Espagne qu'à Paris.

21 Hiver à Saint-Pétersbourg, à ce degré il paraît doux.

27 Moscou en 1812, lors de la retraite.

28 Congélation de l'huile de lin et de chènevis.

30 Pétersbourg en 1769.

33 Froid observé à Québec, au Canada, en 1743; — congélation du mercure.

37 Froid observé à Tornéa en 1737.

38 Froid ordinaire de la Sibérie.

Le célèbre naturaliste Gmélin dit avoir observé dans cette partie de la Russie un froid qu'il estime à plus de 60°. Alors, dit-il, les oiseaux tombaient engourdis, les bêtes fauves mouraient, un grand nombre d'hommes eurent les membres gelés; l'air agissait sur les organes de la respiration comme des molécules métalliques, et paraissait en avoir la saveur âcre. Mais l'estimation de Gmélin est certainement inexacte : ce voyageur faisait ses observations avec un thermomètre à mercure; et comme ce métal commence à se congéler à 32° $\frac{1}{2}$, et qu'il éprouves dans cet état, un vingt-troisième de condensation, cela explique très-bien l'erreur dans laquelle Gmélin est tombé.

Les académiciens français qui furent envoyée au nord de la mer Baltique, pour prendre à cette latitude des mesures relatives à l'arc du méridien, éprouvèrent un froid si intense, qu'ils ne

pouvaient toucher ni pierres, ni ferremens, que la main ne s'y collât. Ils étaient obligés de se garantir avec le plus grand soin de l'air extérieur; quand ils sortaient, l'humidité de leur haleine se convertissait de suite en givre, et leurs poumons éprouvaient des déchiremens très-douloureux. Le froid faisait alors descendre le thermomètre de Réaumur à 33° sous o.

Le froid naturel, dans nos contrées, fait rarement baisser ce thermomètre au-dessous de 10°; mais on peut artificiellement produire des froids qui ont quatre et cinq fois plus d'intensité, et qui vont jusqu'à 40 et 45 degrés au-dessous du terme de la congélation. Les moyens que l'on met en usage pour obtenir un froid artificiel, sont de deux sortes : 1° par le mélange de la liqueur ou de la glace que l'on veut refroidir, avec des sels et avec des acides; 2° par la vaporisation des liquides. Pour opérer le refroidissement par le premier moyen, on fait choix des sels les plus déliquescens avec l'eau, tels que le nitrate de potasse ou sel de nitre, le sulfate de soude ou sel marin, l'hydrochlorate d'ammoniaque ou sel ammoniaque, le sous-carbonate de soude, l'hydrochlorate de chaux, etc. On choisit pour ces opérations un temps très-froid, et, pendant l'été, la température la plus voisine de o du thermomètre, telle que celle des caves et des puits. On amène par un froid gradué le liquide au point le plus bas de la température que l'on désire: ainsi on

commence à le refroidir par un mélange réfrigérant de 15 degrés, puis par un de 20, de 25, de 30, etc.

Voici quelques mélanges frigorifiques le plus en usage.

## *Mélanges d'eau et de sel.*

1. Eau, 16.
   Nitrate de potasse, 5.
   Hydrochlorate d'ammoniaque, 5.

Abaissent le baromètre centigrade de + 10 à — 12, et par conséquent produisent 22° de froid.

2. Eau, 4.
   Muriate de potasse, 57.
   Hydrochlorate d'ammoniaque, 34.
   Nitrate de potasse, 10.

Abaissent le thermomètre de + 10 à — 5, et donnent 15° de froid.

3. Eau, 1.
   Nitrate d'ammoniaque, 2.

Donnent 26° de froid.

4. Eau, 1.
   Nitrate d'ammoniaque, 1.
   Sous-carbonate de soude, 1.

Donnent 29° de froid.

## *Mélanges de glace ou de neige et de sel.*

5. Neige ou glace pilée, 2.
   Chlorure de sodium (sel marin), 1.

Donnent 20° de froid.

6. Neige ou glace pilée, 5.
   Chlorure de sodium, 2.
   Hydrochlorate d'ammoniaque, 1.

Donnent 24° de froid.

7. Neige ou glace pilée, 24.
   Chlorure de sodium, 10.
   Hydrochlorate d'ammoniaque, 5.
   Nitrate de potasse, 5.

Donnent 28° de froid.

| | |
|---|---|
| 8. Neige ou glace pilée, | 0. |
| Chlorure de sodium, | 0. |
| Nitrate d'ammoniaque, | 0. |

Donnent 31° de froid.

## *Mélanges de sels et d'acides étendus d'eau.*

| | |
|---|---|
| 9. Sulfate de soude, | 3. |
| Acide nitrique étendu, | 2. |

Donnent 29° de froid.

| | |
|---|---|
| 10. Sulfate de soude, | 6. |
| Hydrochlorure d'ammoniaque, | 4. |
| Nitrate de potasse, | 2. |
| Acide nitrique étendu, | 4. |

Donnent 33° de froid.

| | |
|---|---|
| 11. Sulfate de soude, | 6. |
| Nitrate d'ammoniaque, | 5. |
| Acide nitrique étendu, | 4. |

Donnent 36° de froid.

Les limonadiers de Paris emploient, pour rafraîchir leurs liqueurs, un mélange de glace pilée et de sel de cuisine à partie égale. Les Anglais emploient le mélange n° 2.

Si l'on expose séparément, dans le mélange frigorifique de glace pilée et de sel marin, deux arties de neige et trois d'hydrochlorate de chaux, on obtient en les réunissant, quand ils sont refroidis au degré de ce mélange, un froid bien plus intense.

Si l'on expose à ce froid artificiel, et séparément, huit parties de neige ou de glace pilée et dix d'acide sulfurique affaibli, on obtiendra un *maximum* de température, un froid qui surpasse 60°.

On produit aussi un froid artificiel très-intense par l'évaporation des liquides. En général, toutes les fois qu'une substance, de solide, devient liquide ; de liquide, aériforme ou gazeuse, c'est en absorbant, des corps voisins ou en contacte la quantité de calorique nécessaire pour la réduire en cet état : ainsi l'eau liquide n'est que de la glace, plus une addition de calorique ; l'eau gazeuse réduite en vapeur, de l'eau liquide, plus du calorique ; l'eau à l'état de glace est au contraire de l'eau liquide, moins du calorique. Le mercure est un métal qui n'a besoin que de— 40° centig. pour être tenu en fusion. L'eau entre en fusion à 40° au-dessus ou à o de l'échelle; l'huile d'olive à 2° au-dessus ou + 2, le suif à + 50, la cire à + 65, le soufre à + 150, l'étain à + 296, le plomb à + 396, le cuivre à + 2,500, l'argent à + 2,600, l'or à + 2,900, le fer à + 12,000.

On choisit, quand on veut obtenir du froid et de la glace au moyen de la vaporisation, les liquides les plus vaporisables, qui jouissent du plus grand degré de *tension*, et qui, dans un temps donné, absorbent le plus de calorique : tels que l'éther sulfurique et tous les éthers, le carbure de soufre, l'acide sulfureux anhydre (1);

1re *Expérience.* — Remplissez d'eau la boule d'un thermomètre, enveloppez-la de linge ou

(1) Ce produit chimique a été récemment découvert (1824).

de coton, trempez ce petit appareil dans une des liqueurs ci-dessus indiquées, imprimez-lui un mouvement circulaire rapide au moyen d'une ficelle, comme si vous vouliez lancer une pierre avec une fronde; en brisant la boule, on trouvera l'eau congelée. J'ai vu faire cent fois cette expérience dans un laboratoire rempli d'assistans, et où le thermomètre s'élevait à 20°.

2e *Expérience.*—Placez sous le récipient d'une machine pneumatique deux capsules peu profondes, l'une remplie d'eau, l'autre d'acide sulfurique concentré; faites le vide, l'eau se congèle presque subitement. Dans cette ingénieuse expérience, dont on doit la connaissance au célèbre physicien Leslie, l'eau laisse dégager beaucoup de vapeur qui est aussitôt absorbée par l'acide sulfurique, qui en est très-avide: ce double effet est plus que suffisant pour convertir l'eau en glace; en maintenant le vide quelque temps, la glace elle-même se vaporise et disparaît complétement.

3e *Expérience.*— Prenez une bouteille de verre très-mince, une fiole à médecine, remplissez-la d'eau, enveloppez-la de linge, trempez cette enveloppe dans l'eau, et imprimez à cet appareil, pendant quelques minutes, un mouvement rapide de fronde, comme dans la première expérience, l'eau renfermée dans la bouteille acquerra une très-grande fraîcheur.

Cette expérience rappelle un usage connu dans

tous les pays chauds de l'ancien continent, et dès la plus haute antiquité (1), qui consiste dans l'art de rafraîchir l'eau, en l'exposant au soleil dans des vases poreux, appelés dans tout l'Orient *balasses*, par les Arabes *goullets*, et par les Espagnols *alcarazas*. L'eau filtre à travers les pores des balasses, est absorbée par l'action des rayons du soleil, et produit une soustraction si considérable et si prompte du calorique, qu'elle devient froide à glacer la main et le palais. On éprouve une sensation de froid très-vive quand on s'expose, couvert de sueur, à un courant d'air chaud, qui absorbe la sueur, qui se vaporise aux dépens du calorique de la périphérie cutanée : le corps est, dans cette circonstance, un véritable alcarazas; l'impression de la chaleur du foyer produit une sensation analogue, et qui a la même cause. C'est d'après cette expérience que l'on peut expliquer le sens de cet axiome des anciens, *le feu rafraîchit*, et qui est fort juste. Ils ont dit avec le même bon sens que le *froid brûle* ( *frigus adurit* ). Faites geler du mercure (2), mettez-en une parcelle sur la main, vous éprouverez aussitôt une brûlure insupportable, et si vous laissez le métal reprendre sa fluidité, la peau s'enflammera et se

(1) V. l'ouvrage sur l'Égypte, de M. Denon.

(2) Le mercure, dans cet état, est malléable, et peut être étendu au marteau; il offre un degré sensible de flexibilité; sa surface présente des stries divergentes, et son intérieur des cristaux octaëdres

convertira en escarre. Rien ne ressemble à la brûlure comme la congélation des tissus vivans. La médecine emploie contre ces accidens des moyens curatifs qui ont la plus grande analogie.

## DE LA GLACE.

L'eau exposée à une température un peu au-dessous du o de l'échelle du thermomètre réaumurien, passe à l'état solide ou de glace, en présentant dans ce passage des cristallisations formées par des aiguilles qui s'insèrent sous des angles de 60 à 120°, imitant ainsi des feuilles de fougère. Ces cristaux finissent par se confondre, et par ne plus former qu'une masse solide, transparente, et cristallisée confusément. La glace ressemble, dans cette circonstance, à toutes les substances minérales ou métalliques qui passent, par le refroidissement, de l'état liquide à l'état solide : au soufre, au bismuth, à l'étain, au plomb, au mercure, etc. On observe très-bien ces cristallisations foliacées ou ramifiées sur les vitres de nos appartemens.

En général, l'eau se congèle d'autant plus près du terme o du thermomètre de Réaumur, qu'elle est moins pure. L'eau distillée, et principalement celle qu'on a fait bouillir ensuite, peut se soutenir jusqu'à 5° sous o du même thermomètre sans geler.

L'eau en se congelant se débarrasse d'une partie des sels qu'elle tient en suspension. On se sert,

dans le Nord, de ce moyen naturel pour extraire le sel des eaux de mer.

L'eau qui passe à l'état de glace commence d'abord par diminuer de volume ; arrivée à un certain terme, elle reste stationnaire ; son volume augmente ensuite au moment de la congélation : il en résulte que, réduite en glace, sa pesanteur spécifique se trouvant diminuée, elle surnage l'eau dans laquelle on la plonge. Mairan a trouvé que son volume augmente, dans cette circonstance, de $\frac{7}{100}$ ou $\frac{1}{14}$. Au commencement de la congélation, il s'échappe beaucoup de bulles d'air de divers diamètres, et qui ont quelquefois la forme de tubes.

La force expansive de la glace est prodigieuse : une certaine quantité d'eau ayant été renfermée dans un tube de fer épais d'un doigt, le fit crever en se congelant. Elle fit également éclater une sphère de cuivre très-épaisse, et développa dans cette circonstance, d'après le calcul du physicien Muschenbroeck, une force capable de soulever un poids de 28,000 liv. C'est cette force expansive qui, pendant les hivers froids, et surtout après les dégels, brise la tige et les fibres des jeunes plantes, détruit leur organisation, et fait quelquefois éclater le tronc des plus gros arbres avec une détonation effrayante. C'est encore cette force expansive et dilatante qui exfolie les pierres et le marbre, et les réduit à cet état appelé vulgairement *gelive* ou *gelivure*.

La glace ayant un pouce et demi d'épaisseur porte un homme; trois pouces, un cavalier armé: celle de onze pouces porte de gros chariots chargés, et peut livrer passage à un corps d'armée.

L'eau en mouvement ne gèle que par un froid très-intense; enfermée dans des vaisseaux bien lutés, elle ne gèle que par un froid bien supérieur à celui qui la congèle lorsqu'elle est à découvert.

En France, la gelée pénètre la terre à deux pieds, en Russie à dix pieds.

Avec une température uniforme, l'eau resterait toujours solide et pourrait servir aux constructions. En 1740, le froid fut si vif à Saint-Pétersbourg, et il y gela si profondément, que l'on essaya de tailler des masses de glace et de les faire servir comme des pierres ordinaires. On éleva avec ces masses un palais d'une architecture élégante, de 60 pieds de long et 24 de hauteur. Devant ce nouvel édifice on voyait six pièces de canons en glace, avec leurs affûts. On essaya de charger cette singulière artillerie, et elle chassa des boulets de six livres de balle qui percèrent une planche à la distance de 150 pieds. L'intérieur de ce palais de cristal était orné de tables, de fauteuils, de candélabres; il fut éclairé, et l'on y donna un bal magnifique.

Olaüs-Magnus, célèbre écrivain du Nord, cite plusieurs exemples de villes assiégées qui ont

opposé à l'ennemi des murailles et des remparts de glaces (1).

Les contrées septentrionales de l'Europe offrent, l'hiver, et surtout aux approches du printemps, le spectacle majestueux de glaces présentant toutes les grandeurs et toutes les formes: des fleuves immenses sont arrêtés dans leurs cours, des cascades restent suspendues, de vastes cavernes sont remplies de colonnes d'eau limpide qui imitent le cristal le plus pur taillé à facettes. Les mers, dans ces contrées, sont couvertes de montagnes de glaces qui flottent au gré des vents et des marées, échouent sur les côtes, et sont quelquefois portées jusque dans nos mers tempérées. Ces glaces sont souvent chargées de troncs de sapin qu'elles ont arrachés aux continens; en se froissant les uns contre les autres, ces amas de bois s'embrasent: c'est ce phénomène qui a fait penser aux anciens que les glaces de l'Océan septentrional s'enflammaient. Dans ces régions, la glace paraît avoir une couleur bleue plus intense que dans les régions tempérées: le célèbre voyageur Martens les a comparées à des masses de vitriol de Chypre (sulfate de cuivre). Cette couleur des glaces des régions polaires paraît avoir été connue des anciens; Virgile dit en parlant de ces régions:

*Cæruleâ glacie concretæ atque imbribus atris.*
Georg., lib. I.

(1) *Olai magni, gent. septent. historiæ.*

Les glacières fournissent les sources les plus abondantes, celles des grands fleuves ont presque toujours leur origine dans les Alpes. Ce sont toujours les couches inférieures, et celles qui touchent au sol, qui fournissent ces eaux ; la surface de ces masses de glace ne fond que très-peu, et à peine d'une manière sensible. Quand on parcourt, en été, le bord des glaciers, on voit la terre couverte de verdure et de fleurs. J'y ai cueilli des fraises et des bousseroles (*arbutus uvâ ursi*) en fruits.

Les limites naturelles de la fonte des neiges s'élèvent, sous les Alpes situées sous l'équateur, de 2,460 toises ; en Suisse, et sous la parallèle moyenne de 45°, de 1,300 toises ; dans les montagnes de Sibérie, seulement à quelques centaines de toises au-dessus du sol des plaines : en Laponie et au Groënland, vers les 70 et 80° de latitude nord, cette limite se confond avec le niveau des plaines et de l'Océan. Cette dégradation peut être indiquée par une ligne qui descend des hautes régions de l'équateur, jusqu'à la surface de l'Océan polaire. Cette ligne atteindrait, à Paris, une hauteur de 1,000 toises; cinquante fois la hauteur de la butte Montmartre atteindrait à peine ce niveau.

1re *Expérience.* — Exposez, par un froid de 4 à 5° sous 0, un verre plein d'eau (1) à l'air du

(1) L'expérience réussit mieux avec de l'urine ou de la lessive.

dehors, et observez attentivement la surface, vous verrez bientôt paraître des cristaux en forme de filets, dont quelques-uns soutendent un arc équivalant au tiers de la circonférence du vase : ces filets sont les côtés d'un triangle équilatéral dont les angles sont, comme on sait fort bien, de 60°. Plusieurs filets se forment ainsi très-distinctement; d'autres viennent ensuite prendre leur insertion sur les filets principaux, et en gardant toujours la même ouverture de 60°; d'autres cristaux s'interposent, se croisent, se confondent, et forment enfin une nappe de glace uniforme et transparente.

2° *Expérience.* — On remarque souvent sur les vitres des appartemens habités, des figures plus ou moins bizarres, et qui sont produites par la congélation de la vapeur aqueuse qui s'y attache Ces figures sont quelquefois aussi très-régulières, et semblent dessinées par la main habile d'un artiste plein de goût; elles représentent tantôt des feuilles de fougère, tantôt des feuilles d'acanthe droites ou courbées, et quelquefois contournées en spirales; des arabesques, des moresques comme on en voit sur le linge damassé. On y remarque beaucoup d'ensemble, beaucoup d'harmonie, et l'on distingue avec une égale surprise les pétioles ou supports des feuilles, et leurs nervures latérales. Ces feuillages, vus à la loupe, paraissent composés de fort petits cristaux, semblables

à une poussière blanche, mais qui ont leurs angles et leurs inclinaisons régulières. On fait naître ces courbures de feuillage de glace, en passant sur le verre, avec une forte pression, et circulairement, un linge trempé dans une dissolution de céruse. Toute substance liquide ne passe à l'état solide qu'en se cristallisant : cette cristallisation est soumise à une forme régulièrement constante. Toutes les variétés de forme que prend l'eau, en se solidifiant, ne sont que secondaires ; en les décomposant, on retrouve toujours la forme primitive, et l'angle de soixante degrés. Nous entrerons dans quelques détails relatifs à ce phénomène, quand nous parlerons de la cristallisation.

3° *Expérience.* — Prenez un matras terminé par un tube court, remplissez-le d'eau, chassez-en l'air au moyen de l'ébullition, et fermez le tube au moyen de la lampe ; exposez ce matras à une forte gelée de plusieurs degrés sous o, l'eau restera liquide ; rompez le tube à son extrémité, et donnez une secousse au matras, l'eau se remplira aussitôt de petits cristaux, et se changera en glace. Le mouvement imprimé au liquide agit seul, dans cette expérience, pour faire congeler l'eau. On répéterait avec succès la même expérience en exposant un verre plein d'eau à un air parfaitement tranquille, ou en couvrant l'eau d'une couche d'huile qui préserve sa surface du contact d'un air agité. Ce retard dans la

congélation a lieu pour toutes les dissolutions salines saturées; rien ne paraît encore, lorsqu'une légère secousse détermine tout-à-coup la naissance d'une multitude de cristaux, en aidant les molécules salines à se dégager d'entre les molécules aqueuses, qui apportaient quelque obstacle à leur réunion.

On a remarqué que l'eau distillée, bouillie, privée d'air et purifiée, mettait plus de temps à se congeler que l'eau trouble et chargée d'air.

La dernière expérience démontre évidemment que le terme de la congélation de l'eau n'est pas toujours un point fixement invariable, qu'il ne le devient qu'à cette condition, que le liquide reste exposé à l'air, ou que l'on imprime quelque secousse au vase qui le contient, pour favoriser la formation des cristaux. Cette observation est particulièrement importante pour la construction des thermomètres, dont les divisions partent ordinairement de la température de la glace ou de la neige fondante; et c'est toujours dans cet état de demi-fusion que l'on obtient le o de l'échelle, et que l'on devrait par conséquent en faire usage. La glace et la neige sont d'ailleurs susceptibles, dans leur état solide, d'un degré de froid supérieur au terme ordinaire de la congélation (je ne parle pas ici du froid obtenu par des moyens artificiels). Dans les contrées du nord exposées pendant plusieurs mois à un froid dont nous ne pouvons pas nous faire une idée, la glace

et la neige se mettent très-certainement au niveau de ces températures extrêmes : au Spitzberg, au Groënland et en Islande, où la gelée pénètre la terre jusqu'à 12 et 20 pieds, les glaces sont si froides, que quand on y pose la main, elle s'y colle comme sur un fer chaud; et si dures, que l'on a de la peine à les entamer avec un instrument d'acier, et à les réduire en poudre.

*Expérience.* — ENFLAMMER UN CORPS AVEC LA GLACE. — Taillez un morceau de glace en lentille, ou faites geler de l'eau dans un moule lenticulaire de bois ou de métal, vous enflammerez au moyen des rayons du soleil un morceau d'amadou ou de linge brûlé, comme avec une lentille de cristal. Je donnerai l'explication de ce phénomène en traitant de l'optique.

*Expérience.* — CHANDELLE DE GLACE. — Enduisez une chandelle d'une couche d'un mélange liquide de charbon et de soufre; après l'avoir fait sécher, trempez-la dans l'eau, et exposez-la à l'air par un temps froid : en renouvelant cette expérience plusieurs fois, il se forme à la surface une couche de glace; dégagez la mèche, et allumez-la.

### *De l'eau à l'état de vapeur.*

L'eau, pénétrée par le calorique, se réduit en vapeur, c'est-à-dire que des molécules infiniment petites de ce liquide, gonflées par l'air,

raréfiées par la chaleur, se dilatent, et, devenues plus légères que l'air environnant, s'élèvent au-dessus du sol. La vaporisation de l'eau a lieu à toutes les températures, et même, comme l'avait déjà observé Mairan, par le plus grand froid, puisque dans ce cas la neige et la glace, exposées à l'air, diminuent de volume. L'eau réduite en vapeur acquiert une très-grande expansibilité, elle occupe un espace environ 1,700 fois plus grand que lorsqu'elle est à l'état liquide; ainsi un pouce cube d'eau, en se vaporisant, occupe à peu près un pied cube. La vapeur de l'eau est douée d'une très-grande force expansive, capable de produire les effets les plus étonnans. Vauban a calculé que 140 livres d'eau vaporisée pouvaient produire une explosion capable de faire sauter une masse de 77,000 livres, tandis que 140 livres de poudre ne peuvent soulever que 30,000 livres : mais l'expansion de la poudre réduite en vapeur par la combustion, n'est évaluée qu'à 200 ; ainsi les rapports entre ces quatre termes sont loin d'être exacts.

L'expansibilité de la vapeur est une force motrice des plus puissantes, et dont les arts tirent aujourd'hui le plus grand parti. C'est au moyen de la vapeur de l'eau que l'on fait mouvoir les pompes à feu, que l'on fait marcher les bateaux à vapeur avec plus de rapidité et de régularité que s'ils étaient tirés par des chevaux, et surtout avec beaucoup moins de dépenses. Au moyen de

la vapeur on remonte les fleuves les plus rapides, on traverse de vastes mers de l'un à l'autre hémisphère, on brave enfin le calme et la tempête. Un Anglais vient d'appliquer la vapeur à l'artillerie, et a obtenu des effets qui surpassent infiniment ceux de la poudre à canon : espérons que l'humanité n'aura jamais à gémir d'une telle invention, propre à détruire en peu d'instans des armées nombreuses.

*Expérience.* — *L'éolipyle* doit son effet à l'expansion de la vapeur : c'est un vase de métal en forme de poire, creux et terminé par un tube recourbé. On chauffe l'éolipyle, on plonge ensuite le tube dans l'eau, qui s'élance dans son intérieur, et le remplit à moitié ou aux deux tiers ; on place l'éolipyle, ainsi rempli, sur des charbons ardens, et le fond en bas. Quand la chaleur a pénétré l'eau, et qu'elle commence à bouillir, un souffle violent s'échappe du tube ; on lui donne alors une direction verticale en renversant le vase, aussitôt il s'en échappe une colonne de liquide, chassée par la vapeur, et qui s'élève de 25 à 30 pieds ; si l'on a rempli l'éolipyle d'alkool, cette colonne s'enflammera en en approchant un flambeau allumé.

*Expérience.*— Bouchez la lumière d'un canon de fusil, versez au fond deux ou trois pouces d'eau ; enfoncez-y ensuite avec effort un bouchon de liége, jusqu'à ce que l'eau en soit comprimée; mettez la culasse du canon dans une four-

naise, peu d'instans après le bouchon est chassé avec violence : voilà le principe des armes à vapeur.

*Expérience.* — On souffle à la lampe de l'émailleur un globule de verre que l'on remplit d'eau, que l'on soude ensuite en y ménageant une queue ; cette petite bombe, fichée à côté de la mèche d'une chandelle allumée, s'échauffe, et éclate avec bruit.

*Expérience.* — Machine de Papin. — Faites couler un vase de fonte ou de cuivre d'une médiocre capacité, et dont les parois aient au moins un pouce d'épaisseur ; adaptez à ce vase un couvercle maintenu avec des vis. L'eau chauffée dans cette machine y acquiert une chaleur et une force tellement dissolvante, qu'elle cuit la viande et les légumes dans un instant, dissout les os, et peut fondre le plomb et l'étain. L'autoclave n'est qu'une modification de la machine de Papin, inventée plus d'un siècle auparavant ; l'autoclave n'en diffère que par le système de sa fermeture, consistant en un couvercle qui entre dans l'ouverture de la marmite, y est retenu par le rebord qui le recouvre, et maintenu par la vapeur qui le repousse. J'ai goûté du bouillon fait, au moyen de cet appareil, en cinq minutes, et qui était savoureux ; de la viande cuite dans le même temps. Mais cette machine, malgré les soupapes de sûreté que l'on y a adaptées, est fort dangereuse, a occasioné les plus grands malheurs, et conviendrait peu

à nos cuisinières jeunes et étourdies. L'autoclave rendrait néanmoins de grands services à une armée en marche, et surtout en marches forcées, et qui ne peut pas faire une station de six heures pour attendre un pot-au-feu.

*Expérience.* — MACHINES A VAPEUR, POMPES, BATEAUX, etc. — Dans un cylindre *A B* (fig. 20), fermé par un piston *C*, introduisez en A de la vapeur, sur-le-champ le piston sera repoussé de A vers B; si vous introduisez de la vapeur par l'extrémité B, la pression de cette vapeur en B se trouvant contre-balancée par la pression de celle qui remplit l'espace A C, tout restera dans l'équilibre et le repos, jusqu'à ce qu'une puissance soustractive agisse sur la vapeur A C. Cette puissance est l'eau froide, qui, étant injectée en très-petite quantité dans la portion du cylindre remplie de vapeur, condense celle-ci et produit le vide; aussitôt la vapeur introduite par l'extrémité B, agit à son tour, et repousse le piston vers A. Voilà le principe moteur de toutes les machines dites à vapeur; c'est ce mouvement alternatif et de balancement, rendu permanent et uniforme par tous les moyens d'une mécanique ingénieuse, qui fait tout mouvoir, qui remplace toutes les autres forces, toutes les autres puissances, et que l'on applique aux machines les plus délicates, comme à celles qui, sans cette admirable invention, exigeraient la force de mille chevaux.

## *Quelques expériences relatives à l'eau.*

L'eau, quel que soit le vase qui la contient, tend constamment à se mettre de niveau. Cette propriété est commune à tous les corps fluides composés d'un assemblage de molécules mues par la pesanteur.

On appelle niveau la surface plane et parfaitement horizontale des liquides contenus dans des vases ou des bassins de peu d'étendue : mais dans une étendue comme l'océan, les eaux, en s'éloignant des côtes, et en développant de grandes surfaces, perdent cette horizontalité apparente ; elles suivent naturellement la courbure de la terre ; et cela est tellement sensible, que l'on n'aperçoit que le sommet des mâts des vaisseaux qui, en mer, rasent l'horizon ; et que réciproquement les marins qui approchent des côtes commencent à n'apercevoir de celles-ci que le sommet des montagnes et le haut des tours.

*Expérience.* — Remplissez d'eau l'entonnoir de verre A B C ( fig. 21 ), le liquide ne s'élèvera, dans le tube recourbé BC, qu'à la hauteur de l'eau contenue dans A B.

Les liquides ne pèsent sur une base que proportionnellement à la largeur de cette base. Divisez celui contenu dans l'entonnoir, en colonnes *a, a, a, a, a;* une de ces colonnes équilibre

le liquide contenu dans B C ; les autres s'appuient sur cette colonne centrale et sur les parois de l'entonnoir. Si vous versiez l'eau par le tube C, cet entonnoir se remplirait également.

*Expérience.* — Dressez sur son fond un tonneau plein d'eau, adaptez-y un tuyau de fer-blanc d'un pouce de diamètre et de 15 à 20 pieds de hauteur; chargez le fond du tonneau de poids qui le fassent sensiblement bomber au-dedans; si l'on remplit alors d'eau le tuyau de fer-blanc, l'effort du liquide sera tel, que les poids seront soulevés, et que les planches bomberont en sens contraire ; si l'on donnait plus de hauteur au tube, on ferait crever le tonneau. Cette expérience est une application de ce principe d'hydraulique, que lorsque les liquides portent sur une base, ils font sur elle un effort proportionnel à la largeur de cette base, multipliée par la hauteur : ainsi le tonneau ayant, par supposition, deux pieds de hauteur, reçoit une pression égale à dix fois le poids de l'eau qu'il contient.

*Expérience.* — Balance hydrostatique. — La différence que présentent les corps, relativement à leur poids, s'appelle leur pesanteur spécifique. Ainsi, en prenant plusieurs solides de différentes substances et d'un volume égal, si l'on exprime par l'unité le poids de la plus légère de ces masses, on exprimera le poids des autres par les nombres $1\frac{1}{4}$, 2, $2\frac{1}{2}$, 3, 4, etc., ou par tout autre nombre exprimant cette différence ;

lesquels, rapportés à un terme commun de comparaison, seront l'expression des pesanteurs spécifiques de ces mêmes solides. On se sert, pour ces déterminations, d'une balance appelée *balance hydrostatique*, parce qu'elle sert à peser les corps dans l'eau : toute balance peut être employée à cette opération.

Pour connaître la pesanteur spécifique d'un corps, on le pèse d'abord dans l'air ; puis, le suspendant au plateau de la balance, on le plonge dans l'eau, qui est le liquide dont le poids sert de comparaison dans ces expériences : le poids de ce corps diminue autant que celui de l'eau qu'il déplace. Il faut ajouter du poids dans le bassin pour rétablir l'équilibre ; en divisant alors le poids pesé dans l'air par le poids ajouté lorsqu'il est plongé dans l'eau, le quotient exprime sa pesanteur spécifique. Si l'on pèse dans l'air deux livres de soufre, dans l'eau cette substance ne pèsera plus qu'une livre; donc le soufre déplace la moitié de son poids d'eau, il est à ce liquide dans le rapport de 2 à 1. Ainsi un pied cube d'eau pesant 70 livres, un pied cube de soufre doit en peser 140. On trouve, en soumettant à la même opération le zinc fondu, qu'il est à l'égard de l'eau comme 7 est à 1 ; qu'il pèse par conséquent 7 fois plus que l'eau, le cuivre 8 fois, l'argent 10, le plomb 11, le mercure 13, l'or 19, le platine laminé 22 : c'est le plus dense des métaux et de tous

les minéraux connus aujourd'hui. Quelques substances, telles que le jayet, le succin, le sodium (nouveau métal), ont une pesanteur à peu près égale à celle de l'eau, et maintiennent la balance à son niveau. D'autres substances, telles que la glace, le naphte, le bitume, pèsent moins que l'eau; il faut ajouter, pour maintenir l'équilibre, du poids dans le bassin qui les suspend : ce poids est celui qui leur manque pour égaler celui de l'eau.

C'est à Archimède que l'on doit la découverte de la balance hydrostatique; c'est par son moyen que ce célèbre géomètre découvrit la fraude d'un orfèvre qui, ayant fait une couronne d'or à Hiéron, roi de Syracuse, y avait allié de l'argent. Archimède, au moyen de la balance hydrostatique, reconnut l'alliage et les proportions rigoureusement exactes du mélange des deux métaux.

La balance hydrostatique est un des plus sûrs moyens de constater la qualité des pierres précieuses, et de prévenir la fraude et l'erreur si fréquentes dans le commerce des gemmes.

*Expérience.*—Aréomètres ou pèse-liqueurs.—Un corps qui surnage des liquides de diverses densités, s'y plongera ou s'y enfoncera d'autant plus, que cette densité sera moins grande, ou la liqueur plus légère. Un aréomètre est composé d'une boule en cristal, terminée par un tube; ce tube est gradué; la boule contient, dans sa

partie inférieure, un peu de plomb ou de mercure, afin que l'instrument, ainsi lesté, puisse se tenir droit dans le liquide. Si cet instrument est plongé dans de l'eau de rivière, il s'y enfoncera jusqu'à un degré marqué sur l'échelle; dans de l'eau de mer il s'enfoncera moins, ce qui fait voir que cette eau est plus dense et plus pesante : en effet elle tient en dissolution du sel et d'autres matières. Au moyen du même instrument, le vin paraîtra être plus léger que l'eau, l'eau-de-vie plus que le vin, l'alkool ou l'esprit plus que l'eau-de-vie, l'éther plus que tous les autres liquides, comme d'ailleurs le démontre sa prompte volatilité à la température commune de l'air atmosphérique. Un grand nombre d'aréomètres ont été inventés pour pouvoir faire apprécier exactement la qualité des liquides les plus employés dans les arts et dans l'économie domestique. On en a construit de particuliers pour chacun d'eux; il y en a pour l'alkool ou l'esprit (aréomètre ou pèse-liqueur ordinaire), pour le vin (oïnomètre), pour le café (caféomètre), pour le lait (galactomètre), pour les liqueurs alkalines (alkalimètre), etc. M. Chevalier est celui qui s'est le plus occupé de la fabrication et du perfectionnement de ces utiles instrumens.

*Expérience.* — Placez au centre d'une petite figure un aréomètre qui se tienne en équilibre à la surface de l'eau fortement salée, versez de l'eau douce dans cette eau salée; aussitôt le

mélange fait, la petite figure descendra au fond du vase.

D'après la théorie des aréomètres, il est facile de donner l'explication de cette expérience. On explique avec la même facilité pourquoi un œuf qui se tient sur de l'eau salée, s'enfonce dans l'eau douce, et pourquoi enfin un vaisseau chargé qui peut tenir la mer, risque de couler bas quand il entre dans une rivière.

*Expérience.* — Remplissez de vin rouge une bouteille dont le goulot n'ait pas plus de deux lignes de diamètre, et placez-la au fond d'un seau plein d'eau, le vin sortira lentement du goulot sous la forme d'une petite colonne, et s'élèvera à la surface de l'eau, tandis que ce dernier liquide prendra la place du vin, et descendra au fond de la bouteille.

*Expérience.* — Jets d'eaux. — L'eau contribue beaucoup à l'embellissement des paysages et des jardins, surtout quand elle est mobile, qu'elle tombe en cascade, ou qu'elle s'élève en jet d'eau. L'art peut ajouter beaucoup aux agrémens de ce genre, que la nature offre partout dans les pays montueux. On dispose les cascades par échelons; on fait tomber l'eau en nappes, en dirigeant son cours sur un plan qui fait saillie au lieu de sa chute. On termine la tige ascendante des jets d'eaux, tantôt par une masse de tubes qui lancent l'eau en gerbes, tantôt par un globe criblé de trous, et qui projette l'eau de tous côtés,

à la manière d'une pomme d'arrosoir; tantôt enfin on lui donne la forme d'un champignon qui verse l'eau, par les bords, en nappes circulaires; celle d'un soleil fixe ou tournant : le mouvement de ce dernier artifice est un effet de l'eau qui s'élance dans des tubes contournés obliquement. (Voyez fig. 22, 23, 24.)

*Expérience.* — Le jeu le plus singulier est celui d'une petite figure fort légère (fig. 25), que l'on fixe sur un petit cône creux, fait avec une feuille très-mince de laiton; placée sur le sommet d'un jet d'eau, elle y demeurera longtemps en équilibre. Une boule du même métal, d'un à deux pouces de diamètre, creuse et légère, gardera également l'équilibre en tournant sur son centre.

*Expérience.* — Vase de Tantale. — Cachez dans l'épaisseur d'une coupe d'argent A (fig. 26) un siphon *a*, *b*, *c*, dont la plus longue branche descende dans le pied jusqu'à sa base; remplissez cette coupe jusqu'à la courbure supérieure du siphon; en l'inclinant, pour boire, le liquide s'élèvera au-dessus du tube, et s'écoulera entièrement par le pied.

*Expérience.* — On fait cette dernière expérience d'une manière plus ingénieuse, en plaçant au centre du vase un tuyau AB (fig. 27), ouvert aux deux bouts; on recouvre ce tuyau d'un autre plus large *a*, *b*, *c*, *d*, fermé par en haut, et ayant à la partie inférieure une ouverture *a*

on recouvre ce petit appareil d'une figure de Tantale. Quand on verse de l'eau dans le vase, le liquide s'introduit, par l'ouverture *a*, entre les deux tuyaux, s'élève jusqu'à l'orifice supérieur, et s'écoule par le tuyau intérieur. La figure de Tantale est disposée de manière que l'eau ne commence à s'écouler que quand elle approche de sa bouche.

*Expérience.* — Jet d'eau par la vapeur. — Divisez un cylindre ABCD (fig. 28) en deux parties, par le diaphragme EF; faites communiquer les deux chambres par le tuyau *a b*, versez dans la chambre supérieure de l'eau jusqu'à l'ouverture de ce tuyau *a b*, versez-en seulement un pouce dans la chambre inférieure, sous laquelle vous allumerez un réchaud; l'air contenu dans cette chambre, raréfié par la chaleur, et ensuite la vapeur de l'eau dégagée par l'ébullition, passent par le tuyau *a b*, pressent la surface de l'eau contenue dans la chambre supérieure, qui s'échappe par un tuyau *c d*, en forme de jet d'eau, et retombe dans un bassin placé au-dessus de cette espèce de fontaine.

*Expérience.* — Clepsydre ou horloge d'eau. — Remplissez d'eau un cylindre de verre, et faites écouler cette eau par une très-petite ouverture placée au fond; mesurez la quantité qui s'écoule en 12 heures, de manière à ne remplir le cylindre que de cette quantité; mais l'eau coule par cette ouverture d'autant plus rapidement, qu'elle est plus

élevée dans le cylindre. La proportion de cette vitesse est comme la racine carrée de la hauteur de l'eau : ainsi, en divisant la hauteur de l'eau en 144 parties égales, il s'en écoulera 23 dans la première heure, 21 dans la 2e, 19 dans la 3e, 17 dans la 4e ; ainsi, 144 répondant à 12 heures, 121 répondent à 11, 100 à 10, 81 à 9, et ainsi jusqu'à la dernière heure, qui n'épuisera qu'une division. Ces divisions, dans le sens rétrograde, donnent les nombres 1, 3, 5, 7, etc., qui expriment le rapport des espaces parcourus par un corps tombant librement à la surface de la terre, et dans des temps égaux.

*Expérience.* — On peut construire une horloge d'eau, dont le liquide s'écoule uniformément ou en même quantité à temps égaux, en remplissant d'eau un cylindre gradué, et en faisant écouler ce liquide au moyen d'un siphon à tube très-étroit, et à branches inégales : la branche qui entre dans le cylindre est tenue dans une situation verticale, par un morceau de liége *a x*, qui naturellement surnage l'eau, et est traversé par la branche courte ( fig. 29 ).

*Expérience.* — Singulière machine pour élever l'eau. — Prenez un long tube de quinze à vingt pieds et du diamètre de deux à trois pouces; plongez son extrémité inférieure, en le tenant verticalement, dans l'eau ; donnez-lui une secousse vive pour faire élever ce liquide dans son intérieur ; bouchez aussitôt l'orifice supérieur en

y appliquant la main, l'eau restera suspendue comme dans le tuyau d'une pompe aspirante, dans laquelle on fait le vide par le jeu du piston. En répétant plusieurs fois ces secousses, l'eau s'élèvera jusqu'au haut du tube. C'est à peu près sur cette théorie que repose tout le mécanisme du belier hydraulique inventé par M. Montgolfier, et toutes les machines connues sous le nom de bélier aspirateur, de belier à siphon, qui n'en sont qu'une modification (1).

*Expérience.* — FONTAINE DE CIRCULATION. — Cet instrument en verre est composé de deux boules qui ont chacune deux à trois pouces de diamètre, et qui s'abouchent dans un tube de verre très-étroit et contourné en divers sens, de manière cependant à représenter une figure régulière, soit d'hélice, soit de croix, soit de rosace. On remplit un des réservoirs d'alkool coloré en rouge, et on pose la fontaine dans une situation verticale ; l'alkool se divise, dans les tubes, en petites colonnes de quelques lignes de longueur, coupées par l'air dont ce tube ne doit pas être purgé ; il circule en produisant un effet fort agréable que l'on a comparé à la circulation du sang dans les vaisseaux. Quand le réservoir supérieur est épuisé, on retourne l'instrument, et l'on place en haut la boule inférieure.

(1) V. la description de ces machines ingénieuses, dans le *Dictionnaire technologique.*

*Expérience.* — CLOCHE A PLONGER. — Plongez dans l'eau une cloche à melons, de manière à enfermer l'air qu'elle contient ; si l'on a eu la précaution de placer au fond de cette cloche, et sur un morceau de liége, une petite cage renfermant un oiseau ou une souris, ces animaux vivront sous l'eau jusqu'à ce que l'air cesse d'être propre à la respiration, vice auquel il est facile de remédier en le renouvelant. On fait descendre cette cloche à de grandes profondeurs, et on l'y maintient par des poids attachés à ses bords, et disposés de manière que ces bords gardent dans l'eau une position parfaitement horizontale.

On s'est servi depuis long-temps d'un pareil moyen pour descendre sous les eaux de l'océan, dans l'intention d'y reconnaître la nature du sol, ou d'y chercher les objets précieux engloutis dans un naufrage. Cette cloche est un vaste cône tronqué, ordinairement en bois, bien lesté de lames de plomb, afin de favoriser sa descente au fond de la mer; elle est suspendue par une corde qui roule sur une poulie attachée au mât d'un navire, deux ou trois hommes y descendent en même temps. On renouvelle l'air de la cloche en ouvrant un robinet placé au-dessus pour laisser échapper celui qui est vicié ou usé par la respiration, et en le remplaçant par l'air contenu dans de petits tonneaux que l'on descend au fond de la mer, et qui communiquent à

l'appareil par des tuyaux de cuir ; en débondonnant ces petits tonneaux, l'eau y pénètre avec force, et chasse l'air dans la cloche. Les Anglais, inventeurs de cette cloche à plonger, lui ont donné toute la perfection dont cette machine est susceptible. Il n'y a pas encore deux ans qu'ils l'employèrent dans l'intention d'extraire les lingots d'or enfermés dans les galions qui depuis plus d'un siècle (1702) sont coulés à fond dans la baie de Vigo, en Galice ; mais tant de richesses paraissent avoir été détruites par l'action corrosive des eaux de l'océan (1).

(1) Lisez tous les détails relatifs à la cloche à plonger, dans l'intéressant ouvrage intitulé *Choix de Curiosités*, traduit de l'anglais. — Paris, 1822.

# LUMIÈRE.

La lumière a été regardée long-temps comme un produit ou une modification de la chaleur. Les physiciens modernes considèrent ces deux principes comme deux agens de différente nature. D'abord ils existent isolément : un morceau de fer fortement chauffé, et porté ensuite dans un lieu obscur, répand de la chaleur sans laisser paraître un atome de lumière. La plupart des liquides, la graisse, le plomb et l'étain fondus, ne sont point lumineux, quoique chauffés à un haut degré. Plusieurs corps donnent, au contraire, de la lumière sans chaleur, sans que leur température soit sensiblement augmentée; tels que le sucre, le bois pouri, la chair de poisson corrompue, la silice ou pierre à fusil, même quand on frappe deux morceaux l'un contre l'autre au fond de l'eau.

La lumière réfléchie de la lune, quoique cet astre soit 400 fois plus près de nous que le soleil, est cependant 300,000 fois plus faible; réunie au moyen d'un verre lenticulaire, cette lumière ne fait pas varier sensiblement la li-

queur du thermomètre la plus sensible (1), et n'altère jamais les produits chimiques. Que doit-on penser, d'après cela, de l'opinion du vulgaire, relative à la prodigieuse influence de la lune sur les corps inertes et sur les corps organiques !...

Le soleil, placé au milieu de notre système, est la source de la lumière et de la chaleur ; c'est lui qui gouverne et qui éclaire toutes les planètes, qui anime et vivifie tous les êtres organisés, animaux et végétaux ; c'est sous son influence qu'ils se développent, se reproduisent ; que les plantes croissent, épanouissent leurs fleurs, mûrissent leurs fruits ; que les unes se colorent, que les autres acquièrent de la saveur : source unique de tant de bienfaits, sans cette influence tout resterait dans le néant.

Le soleil est un globe immense de matière enflammée, une étoile fixe, dont le volume énorme a cent dix fois le diamètre de la terre ou 330,000 lieues de 25 au degré, et 1,300,000 fois plus de volume que cette planète ; sa distance de la terre est d'environ 34,000,000 de lieues.

La lumière est lancée du soleil à la terre avec une prodigieuse vitesse : on a calculé cette vitesse à environ 80,000 lieues par seconde, en sorte qu'elle met à peu près 8 minutes pour arriver du soleil jusqu'à nous, vitesse 10,000,000 de fois

(1) Voyez les expériences de la Hire à ce sujet, *Mém. de l'Acad.*, année 1704.

plus grande que celle d'un boulet de canon, et 10,000 fois plus grande que celle de la terre dans son orbite.

La lumière solaire irradie jusqu'à une distance immense; elle remplit l'espace occupé par notre système planétaire, et en éclaire les astres les plus éloignés. Uranus, qui est près de 700,000,000 de lieues du soleil, en reçoit une lumière aussi vive que la terre elle-même.

Le soleil a été regardé par quelques physiciens comme un corps lumineux sans chaleur, et sa lumière comme principe animateur du calorique répandu sur la terre et dans les plus basses régions de l'atmosphère; car, en s'élevant, ce principe diminue au point de ne plus suffire, à 2,000 toises, à la fonte des neiges qui couvrent perpétuellement le sommet des hautes montagnes. Enfin Herschell pensait que le soleil est un globe opaque comme la terre, entouré d'une atmosphère de lumière ou de nuages enflammés, qui s'entr'ouvrent quelquefois, et laissent voir ces taches sombres qui sont le noyau obscur de cet astre.

La lumière est un agent aussi essentiel que la chaleur à l'entretien de l'univers : organisation, sentiment, mouvement, végétation, animalisation, aucun de ces phénomènes de la vie n'aurait lieu sans sa puissante et merveilleuse influence. C'est à la lumière que les corps doivent leur couleur et une partie de leur saveur;

sans lumière les plantes languissent et s'étiolent; sans lumière point de fleurs et point de fruits. C'est elle qui forme dans les végétaux l'hydrogène et le carbone, nécessaires à leur développement et à leur entretien.

### *Décomposition de la lumière.*

*Expérience.* — Laissez pénétrer dans une chambre obscure, par un trou rond fait au volet, un rayon du soleil, et dirigez-le sur l'angle d'un prisme triangulaire de verre ou de cristal blanc, placé et fixé horizontalement sur un support; le rayon solaire traverse le prisme en se réfractant, et va former sur le mur opposé, ou sur une surface blanche disposée à cet effet, une figure oblongue, composée de plusieurs couleurs, et appelée *spectre solaire;* si l'on tourne lentement le prisme sur son axe, on voit cette figure monter ou descendre, suivant l'inclinaison que l'on donne au prisme. Ce spectre solaire est l'image du soleil; elle a le diamètre apparent de cet astre : la figure oblongue est un effet de la réfraction occasionée par le prisme. Les couleurs du spectre solaire sont le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo et le violet. Cet ordre a lieu du bas en haut, de sorte que le rouge paraît être la couleur la moins réfrangible, et le violet celle qui l'est le plus.

On voit par cette expérience, que l'on doit à

Newton, et qui eût suffi pour l'immortaliser, qu'un rayon du soleil est un composé de ces rayons différemment colorés, et qui ont différens degrés de réfrangibilité. Ces sept couleurs se succèdent par nuances, et paraissent formées d'autant de cercles, qui se recouvrent en grande partie, et qui ne laissent en évidence que des portions de cercles dont les couleurs tranchent sur celles qui appartiennent aux autres cercles.

*Expérience.* — Recevez la lumière du spectre solaire sur un châssis, faites un petit trou au milieu d'une des bandes colorées, et dirigez sur un second prisme le rayon qui passe à travers, ce rayon ne produira sur le plan qui le reçoit qu'une seule couleur; ce qui prouve que chacune de ces couleurs est composée de molécules homogènes, et qui ne se décomposent plus (1).

(1) Quelques physiciens ont avancé qu'il n'y a que trois couleurs primitives dans les sept couleurs obtenues par le prisme: le jaune, le rouge et le bleu; que l'orangé est formé du jaune et du rouge; le vert, du jaune et du bleu; le violet, du rouge et du bleu. Mais l'expérience a fait voir la fausseté de cette idée: 1° on ne saurait décomposer les couleurs prétendues composées, telles que le vert et le violet, de quelque manière que l'on réfracte, réfléchisse, ou que l'on tourmente leurs rayons; 2° si l'on fait passer à travers une lentille les seuls rayons jaune et bleu, ou rouge et bleu, ils en sortent mélangés, et présentent une couleur composée, verte ou violette: mais, en faisant passer ce rayon composé à travers un nouveau prisme, il se décompose en le traversant, et présente, séparées, les deux couleurs composantes. Mais, si la place qu'occupe dans le spectre solaire la couleur verte, entre le jaune et le bleu, a pu faire naître cette idée de non-homogénéité de plusieurs couleurs du prisme, l'éloignement où se trouve le violet du rouge a dû beaucoup contrarier les auteurs de cette opinion, aujourd'hui tout-à-fait abandonnée.

On isole presqu'entièrement les cercles colorés en faisant passer le rayon que l'on veut décomposer, au moyen du prisme, à travers un verre lenticulaire, qui a la propriété de contracter considérablement les rayons; on produit un effet semblable, au moyen d'un cône de cristal parfaitement taillé et poli.

*Expérience.* — Si l'on réunit en un seul point tous les rayons colorés, au moyen d'un verre lenticulaire, on n'obtiendra qu'une image blanche et circulaire; si l'on intercepte quelques cônes de lumière décomposée, cette image ne sera pas blanche, mais diversement colorée. Si l'on ne aisse passer à travers la lentille que les rayons jaune et bleu, on obtiendra une image de couleur verte; si l'on ne laisse passer que le rouge et le jaune, on aura un point orangé. Le blanc est la présence ou l'ensemble de toutes les couleurs, en corps blanc les réfléchit toutes; le noir est l'absence de toutes les couleurs, un corps ou une surface qui absorbe tous les rayons colorés, et n'en renvoie aucune partie ou nuance à la vue. La couleur ne fait point partie intégrante du corps, elle n'est qu'un effet de la lumière réfléchie, et sa diversité dépend de la faculté qu'ont ces corps de renvoyer ou de réfléchir tel ou tel rayon : un corps rouge ne renvoie que des rayons rouges; un corps vert, que des rayons verts, etc.

*Expérience.* — Remplissez d'eau un globe de

verre, et suspendez-le à quelques pieds au-dessus de votre tête; tournez-vous à l'opposé du soleil, et éloignez-vous du globe de manière à ce qu'il forme, avec vos yeux, un angle d'environ 45 degrés, il vous paraîtra brillant de toutes les couleurs du prisme. On peut suspendre ou supposer suspendu, dans le même plan, un nombre infini de ces globes; le spectateur verra alors ces globes colorés, formant un arc dont le soleil occupe le centre : l'arc-en-ciel est formé par un arc semblable, et les globes de verre sont remplacés par des gouttes d'eau qui réfléchissent ou renvoient aux yeux du spectateur la lumière du soleil décomposée, effet produit par l'eau des cascades et des jets d'eau réduite en l'état de vapeur ou de nuage. L'angle de réflexion des rayons rouges étant le plus grand, les rayons de cette couleur forment toujours la partie extérieure de l'arc; celui des rayons violets étant le plus petit, cet arc paraît à l'intérieur. Entre ces deux bandes extrêmes se trouvent les cinq autres couleurs, rangées suivant l'ordre de leur réfrangibilité.

*Expérience.* — Fermez tous les volets d'une chambre, ouvrez dans un seul un petit espace rectangulaire qui y laisse pénétrer les rayons du soleil; exposez à ces rayons plusieurs prismes, et faites-les passer, après leur réfraction, à travers des lentilles taillées à facettes, qui les renvoient sur toutes les parties de l'appartement,

qui sembleraient alors ornées de saphirs, de topazes, d'émeraudes, de rubis et d'autres pierres précieuses. On ne peut rien imaginer, dit le savant Kirker, jésuite, de plus riche dans la nature. Cette découverte, et la manière dont elle est présentée dans l'ouvrage de ce Père (1), sont bien dignes de sa vaste imagination.

*Expérience.* — DIFFRACTION DE LA LUMIÈRE. — Si après avoir introduit un faisceau de lumière dans une chambre obscure, on le fait tomber sur un corps opaque, dont on reçoit l'ombre sur un carton blanc, on remarque que l'ombre de ce corps est beaucoup plus large qu'on ne l'observe ordinairement, et qu'elle est bordée à l'extérieur de franges de diverses nuances de couleurs et de différentes largeurs. On observe dans la partie intérieure de cette ombre, des franges brillantes et obscures qui la partagent en intervalles égaux. Les bandes colorées commencent à se former derrière le corps opaque, de sorte qu'on peut très-bien les voir entre ce corps et le carton. Si le corps opaque est une lame mince ou un fil métallique, on observe de chaque côté de l'ombre des bandes parallèles entre elles et aux bords de l'ombre, qui se rapprochent les uns des autres à mesure qu'elles s'éloignent de ce corps.

*Expérience.* — ANNEAUX COLORÉS. — Si l'on

(1) *Ars magna lucis et umbræ.*

presse fortement deux lames de verre, dont l'une soit un peu convexe, l'une contre l'autre, on voit de suite se former autour du point de contact, qui est noir, des anneaux concentriques ayant les diverses couleurs du prisme, et dont le nombre augmente en même temps que la pression des verres. La couleur de ces anneaux s'affaiblit du centre à la circonférence, et finit par la couleur blanche. Newton, qui étudia le premier ce phénomène, observa l'ordre que gardent ces anneaux colorés en allant du centre à la circonférence. Dans la première série, bleu, blanc, jaune et rouge; dans la 2e, violet, bleu, vert, jaune et rouge; dans la 3e, pourpre, bleu, vert, jaune et rouge; 4e, vert et rouge; 5e, bleu verdâtre, rouge; 6e, bleu verdâtre, rouge pâle; 7e, bleu verdâtre, bleu rougeâtre. Les anneaux colorés sont produits par la couche d'air infiniment mince qui se trouve interposée entre les deux verres. On obtiendrait le même effet, si une seule lame qui sert à l'expérience était transparente; enfin le vide n'y apporte aucun changement, ce qui prouve que les parties de l'air interposées entre les deux lames y sont fortement adhérentes, et qu'elles sont réduites à un extrême amincissement : car rien ne s'applique à une surface avec plus de force que la première couche d'air qui l'enveloppe immédiatement.

La nature nous offre dans plusieurs substances minérales et factices, le phénomène des

anneaux colorés. Les reflets de l'opale, qui réunissent dans la même pierre, les teintes de la topaze, du saphir et du rubis, sont dus aux lames infiniment minces d'air interposées entre les fentes ou gerçures dont cette pierre est remplie; aussi ces couleurs disparaissent-elles quand on la brise. Les taches irisées que l'on observe dans l'intérieur de quelques cristaux transparens de chaux carbonatée (spath calcaire), et de chaux sulfatée (gypse cristallisé), dans le cristal de roche, la houille, les verres de vitres, les bulles de savon, etc., sont également dues à des couches d'air interposées et pressées entre les lames de ces corps.

## *Quelques considérations sur les lois de l'optique.*

*L'optique* est la science qui traite de la vision.

On appelle *rayons*, les routes que suit la lumière. La lumière marche toujours en ligne droite, et forme des angles ou des lignes droites rompues, quand elle est réfractée ou réfléchie.

On appelle *milieu*, l'espace que la lumière traverse. Ces milieux sont plus ou moins *denses*, ou plus ou moins épais. L'eau a plus de densité que l'air, le cristal en a plus que l'eau.

Les corps sont *lumineux par eux-mêmes*,

comme le soleil et les étoiles fixes; — *éclairés*, comme la lune, les planètes et tous les corps terrestres qui reçoivent les rayons du soleil, et ceux d'une lumière artificielle;—*transparens* ou *diaphanes*, quand on distingue très-nettement, en regardant à travers, les objets placés au-delà; — *translucides*, ou imparfaitement transparens, quand on distingue mal, à travers, les corps placés au-delà : tel est le verre dépoli, la cornaline, les plaques d'ivoire très-minces, la corne, l'écaille, etc.;—*opaques*, quand on ne peut distinguer les objets placés au-delà, quand on met ces corps entre l'œil et ces objets.

Un point lumineux envoie de la lumière en tous sens, et peut être vu de tous les lieux auxquels une ligne droite tirée de ce point peut aboutir. Il est le centre d'une sphère de lumière qui s'étend indéfiniment de tous côtés, mais dont l'intensité diminue graduellement du centre à la circonférence.

Tout rayon qui part d'un point lumineux marche en divergeant et en formant un cône dont ce point lumineux est le sommet.

Les rayons lumineux en passant à travers une ouverture étroite, se croisent et vont peindre sur le plan perpendiculaire qu'ils rencontrent, les objets renversés : soit A B (fig. 30) le corps qui envoie les rayons, C une ouverture étroite à travers une cloison; l'extrémité A de la flèche A B vient se peindre en D, et l'extrémité B en

E; la flèche D E est l'image renversée de la flèche A B.

C'est ainsi que les rayons en pénétrant dans l'œil, et après avoir traversé le cristallin et les autres parties de cet organe, vont se peindre sur la rétine : mais le jugement rectifie cette erreur. On appelle *rayons parallèles*, ceux qui parcourent un espace sans diversion; — rayons *divergens*, ceux qui s'éloignent en s'écartant d'un objet lumineux;—rayons *convergens*, ceux qui se rapprochent ou se réunissent. — On appelle *faisceaux de rayons lumineux*, la réunion, l'ensemble, ou l'émission d'un plus ou moins grand nombre de rayons; mais chaque rayon isolé, si petit qu'il soit, doit toujours être considéré comme une réunion d'autres rayons, parce que la lumière est d'une extrême ténuité.

Quand les rayons de la lumière passent d'un milieu plus rare dans un milieu plus dense, de l'air dans l'eau ou dans le cristal, ils éprouvent une déviation, et se réfractent. Le rayon A B (fig. 31), direct de A en B, rencontrant un milieu plus dense, se dévie en *d*, et prend la direction *d e*.

*Expérience.*—Placez au fond d'un gobelet d'argent une pièce de monnaie; éloignez-vous jusqu'à ce que votre œil n'aperçoive que le bord de la pièce; faites alors remplir d'eau le gobelet, la pièce de monnaie paraîtra tout entière. La figure que je donne de cette expérience, en rendra, d'après le principe exposé ci-dessus,

l'explication aisée. La réfraction est très-sensible quand on enfonce obliquement un bâton dans l'eau ; elle l'est aussi quand on regarde une ligne imprimée à travers un cristal épais et bien pur ; les lettres paraissent doubles. Un poisson au fond d'un bassin n'est point à la place où l'œil l'aperçoit : on reconnaîtrait bientôt l'erreur, si on voulait le harponner ou le tirer au fusil.

La réfraction est nulle quand le rayon lumineux est perpendiculaire au milieu réfringent; elle est d'autant plus grande, que l'angle d'incidence est plus aigu (1).

Le rayon réfracté se rapproche de la perpendiculaire ; quand il passe dans un milieu moins dense, il s'en éloigne : plus le milieu est dense, plus la réfraction est sensible. La réfraction n'est presque pas sensible quand la lumière traverse des corps plans et peu épais, comme une glace, un carreau de vitre ; parce que les rayons réfractés ont peu de longueur, et parce qu'éprouvant la réfraction au même degré, leur configuration est peu altérée. Il n'en est pas ainsi des surfaces courbes ou des corps qui ont beaucoup d'épaisseur.

(1) Quand la lumière passe de l'air dans l'eau, le rapport de longueur du sinus d'incidence à celui de réfraction est : : 4 : 3 ; s'il passe de l'air dans le verre, le rapport est : : 3 : 2. Ces rapports sont en sens inverse, c'est-à-dire : : 3 : 4, et : : 2 : 3, quand la lumière passe de l'eau dans l'air, et du verre dans l'air ; d'un milieu dense dans un milieu plus rare. L'intelligence de cette note demande quelques notions de géométrie.

Un rayon de lumière qui rencontre un corps opaque en est réfléchi, comme un corps élastique, sous un angle égal à celui qu'il formait en rencontrant l'obstacle : le premier angle s'appelle *angle d'incidence;* l'angle formé par le renvoi du rayon s'appelle *angle de réflexion.* Ainsi un principe constant de l'optique est que *l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence*, et réciproquement : ce principe a les plus nombreuses applications dans cette science. Ainsi le rayon AB ( fig. 32) est réfléchi en Ba, le rayon CB en Bc; le rayon DB, qui tombe perpendiculairement sur le plan XZ, se réfléchit sur lui-même d'après le même principe.

Les corps polis, tels que les métaux, les glaces étamées, renvoient avec beaucoup de pureté la lumière et les images des objets, et disparaissent pour ainsi dire à la vue. L'œil qui regarde une glace AB, ne voit que les images *a, b, c,* du corps ABC ( fig. 33 ), placées sous différens angles; mais il voit à droite ce qui, hors la glace, est à gauche : l'écriture lui paraîtra de droite à gauche; et ce qui est réellement écrit de droite à gauche lui paraîtra lisible dans la glace.

Tous les corps ne sont pas réfléchissans; mais la plupart, après avoir absorbé une certaine quantité de rayons, nous renvoient ceux qui nous font juger de leurs formes et de leurs couleurs. Les corps rouges ne renvoient que les

rayons rouges, les bleus que les rayons bleus. Les corps noirs absorbent toutes les couleurs, et n'en renvoient aucune. Les blancs les renvoient toutes : car, comme nous l'avons dit, le blanc est produit par la réflexion de toutes les couleurs, et le noir par leur absorption.

D'après tout ce que je viens d'exposer, et d'après ces lois et ces principes bien connus, on a divisé l'optique, ou la science qui traite de la lumière, en trois parties : la première traite de la lumière directe, c'est *l'optique proprement dite ;* la seconde traite de la lumière réfléchie, c'est la *catoptrique* (1) ; la troisième, qui traite de la lumière réfractée, s'appelle *dioptrique.*

### *Quelques autres principes applicables à l'optique.*

1° Les rayons qui arrivent dans un lieu obscur, par un trou fait au volet ou à une cloison, forment un cône dont ce trou est le sommet, et dont la base va reposer sur une cloison verticale opposée au lieu d'émission. Plus cette cloison est éloignée, plus cette base est large, et plus la lumière qui la forme est affaiblie. Si l'on coupe ce cône de lumière par un plan oblique, sa base paraîtra oblongue.

2° La force de la lumière décroît en s'éloignant

(1) V. au commencement de ce volume l'étymologie de ces mots.

du corps qui la produit, en raison inverse du carré des distances.

Je crois devoir me dispenser de démontrer ce principe, tout-à-fait géométrique, et peu à la portée de la plupart des lecteurs.

La lumière décroît sensiblement en s'éloignant de l'œil; quand la lumière est faible, on peut juger de ce décroissement à de petites distances. Si l'on a à quelques pieds devant soi un flambeau, et que l'on s'en éloigne à une distance trois fois plus grande, les rayons qui arriveront à l'œil se répandront sur un espace neuf fois plus grand; ainsi l'œil en recevra trois fois moins. Si l'on voulait que l'impression faite sur l'œil fût toujours la même, il faudrait remplacer le premier flambeau par un autre dont la lumière fût neuf fois plus forte, ou répandît sur un même espace neuf fois plus de rayons.

## *Illusions d'optique.*

L'œil, cet admirable instrument d'optique, destiné à transmettre au cerveau les impressions qu'il reçoit du dehors, ne nous tromperait jamais sur les grandeurs et les distances, si les objets que nous étudions, au moyen de cet organe, se trouvaient toujours à des distances convenables pour nos observations; si nous avions acquis une grande expérience pour juger, à cette distance, de l'étendue ou du volume de ces

objets ; si enfin l'organe de la vue était lui-même parfaitement conformé : sans ces conditions nous portons des jugemens faux sur ce qui nous frappe, nous *voyons mal*, nous sommes trompés par des illusions. Les expériences les plus simples font remarquer ces aberrations de la vision : regardez la lumière d'une chandelle avec les deux yeux ouverts, ensuite avec un seul œil, la lumière, dans ces deux circonstances, paraîtra à une autre place ; pressez avec le doigt un des deux yeux, de manière à le déranger légèrement, la lumière paraîtra double. Les objets trop éloignés ou trop près de l'œil se peignent d'une manière confuse, et font naître les plus nombreuses et les plus bizarres illusions, en paraissant ou plus grands ou plus petits qu'ils ne sont réellement. Ce n'est qu'après une longue habitude que l'homme peut bien juger les distances : ceux qui n'ont vu que dans l'âge de raison, après l'opération de la cataracte, ont cru longtemps que tous les corps touchaient leurs yeux. Si l'on se place vis-à-vis le milieu d'une longue ligne droite, on croit la voir fléchir à droite et à gauche, comme une courbe dont l'axe passe par l'œil. Un cercle placé horizontalement et vu obliquement, paraît ovale ou elliptique ; si la figure est un polygone régulier, il paraît être irrégulier. Nous rapportons sur la voûte du ciel la couleur bleue, qui n'est qu'un effet de la lumière solaire sur l'atmosphère, et qui ne s'étend pas

au-delà ; et nous voyons attachée au-dessus de cet espace bleuâtre, qui nous paraît une voûte appuyée sur l'horizon, et à la même hauteur, les nombreuses étoiles qui brillent à des myriades de lieues de notre planète.

Un cylindre ou une sphère de métal poli, ou d'une couleur uniforme, et tournant sur son axe, nous paraît immobile ; le soleil et les planètes nous paraîtraient également fixes sur eux-mêmes, si les taches observées à leur surface n'avaient pas un mouvement circulaire sensible qui dévoile celui de l'astre observé. Le même spectateur croit voir les astres se lever et se coucher, lorsque c'est lui qui tourne, emporté par le mouvement de la terre, comme il voit fuir les arbres et le rivage d'un fleuve qu'il descend rapidement dans un bateau.

C'est encore par une illusion d'optique que les astres vus à l'horizon, et principalement à leur lever, paraissent plus grands que quand ils sont au zénith : la cause de ce grossissement est produite par la différence dans l'épaisseur des couches de l'atmosphère que traversent les rayons de l'astre placé à l'horizon et au haut du ciel. A (fig. 34) est la terre, B son atmosphère, C l'astre vu à son lever, D l'astre vu à son zénith. Il est évident que l'angle *A b c*, qui comprend l'astre à son lever, est plus ouvert en *b c*, que l'angle *A d e*, qui comprend l'astre à son zénith, n'est ouvert en *d e*. Au-delà de l'atmosphère ces

différences n'existent plus, et les mesures deviennent uniformes: les astres observés d'ailleurs avec une lunette ou des verres de couleurs ne présentent plus de différence dans leur diamètre.

*Expérience.* — Percez une carte avec une aiguille, et regardez à travers ce petit trou, et de très-près, un imprimé, un tableau ou tout autre objet; non-seulement vous le verrez plus distinctement, mais même considérablement grossi. Dans cette expérience, tous les rayons visuels sont réunis en un point, en un seul faisceau; il n'y a point de *distraction*. Quand on est au théâtre, ou dans un musée, on distingue mieux les tableaux, les statues ou les acteurs, en faisant une espèce de tube de sa main, fermée à moitié, et en regardant à travers.

*Expérience.* — Fixez à une cloison, sur un fond obscur, et à la hauteur de l'œil, un petit rond de papier blanc, et à environ 2 pieds sur la droite, et un peu plus bas, un autre rond de trois pouces de diamètre; fermez l'œil gauche, et éloignez-vous, en fixant toujours le premier rond; à environ dix pieds en arrière le second rond disparaît; en reculant encore il reparaît.

L'explication que l'on a donnée de ce phénomène d'optique est peu satisfaisante; elle tient d'ailleurs à des considérations physiologiques étrangères au plus grand nombre des lecteurs.

*Expérience.* — Attachez à une cloison, sur un fond obscur, et à la hauteur des yeux, un rond

de papier blanc d'un à deux pouces de diamètre, et de chaque côté, à la distance de deux pieds, et un peu plus bas, faites deux marques : placez-vous en face du papier, et placez votre doigt vis-à-vis de vos yeux, de manière que, conservant ouvert l'œil droit, il cache la marque gauche, et l'œil gauche la marque droite ; regardez ensuite avec les deux yeux le bout du doigt, le papier, qui n'en paraissait couvert ni pour l'un ni pour l'autre, disparaîtra.

Un corps lumineux qui parcourt un cercle très-éloigné, paraît à la vue suivre une ligne droite, et aller alternativement d'une extrémité à l'autre de cette ligne : tel est l'effet que produit à nos regards la marche des satellites de Jupiter, dont le diamètre des ellipses se confond avec l'axe de l'œil. Si l'on fait mouvoir rapidement un tison enflammé en cercle ou en ligne droite, l'œil aperçoit un cercle ou une ligne de feu continue. Les nuages, agités par les vents, éclairés par les rayons du soleil, présentent, principalement quand ils sont vus à l'horizon, un grand nombre de formes bizarres, et quelquefois l'image la plus vraie des Alpes, couvertes de neiges et de glaciers. J'ai connu, à Paris, un Suisse à qui ce spectacle causait beaucoup d'émotion et qu'il faisait pleurer. Le mirage, dont le célèbre Monge a donné une explication si satisfaisante, les terres de brumes, la *Fata-Morgana*, qui a donné lieu à tant de

contes populaires et de savantes hypothèses, sont autant d'illusions d'optique que redoutent l'ignorance et la superstition, mais que la science observe et cherche à expliquer (1).

*Expérience.* — Quand on se place à l'entrée d'une avenue, en portant la vue à une grande distance, les arbres semblent se rapprocher les uns des autres, et l'avenue diminuer de largeur. Il est facile de se rendre raison de ce phénomène : soit aa, bb, cc (fig. 35), les

(1) L'air et l'atmosphère agissent sur la lumière à la manière des substances transparentes ; ils la décomposent, la réfléchissent, la réfractent, et font paraître les astres dans un lieu différent de celui où ils sont réellement. Le soleil, avant d'être à l'horizon, remplit l'atmosphère de rayons qui viennent, en se brisant, éclairer la terre, et qui produisent ce phénomène appelé *aurore* ; non-seulement les rayons sont renvoyés sur la terre, mais l'image du soleil même, qui paraît quelques minutes avant le lever réel de cet astre. C'est encore la réfraction des rayons à l'horizon qui produit le *crépuscule* : sans cette réfraction, le jour et la nuit commenceraient brusquement, et l'on passerait subitement, et de la manière la plus désagréable pour la vue, de la lumière à la plus profonde obscurité.

Au-delà de l'atmosphère est un vide absolu ; les rayons lumineux s'y élancent, sans obstacle et sans la moindre réflexion, jusqu'aux espaces les plus éloignés, où le soleil, leur foyer, disparaît. Ceux de ces rayons réfléchis par notre atmosphère, et renvoyés sur la terre, donnent à l'air une teinte bleue que nous appelons *bleu de ciel* ; en s'élevant dans l'atmosphère, cette couleur diminue d'intensité, et disparaît au-dessus de la région des vapeurs. Au sommet du Mont-Blanc, le ciel parut à Saussure, noir comme une nuit.

La planète de Jupiter est éloignée du soleil d'environ 200,000,000 de lieues, et est par conséquent, à cette distance de la terre, plus ou moins, le diamètre de l'orbite de cette dernière planète, calculé environ 30,000,000 de lieues. Lorsque la terre approche de Jupiter, les immersions des satellites commencent plus tôt ; elles arrivent plus tard quand elle s'en éloigne : cette déviation, ce retard, proviennent de ce que la lumière solaire a plus ou moins de chemin à faire, suivant la situation de la terre dans son orbite.

arbres des côtés de l'avenue, l'observateur placé en A voit les deux premiers arbres *a a* sous un angle plus grand que les arbres suivans b b; ceux-ci plus écartés que les arbres c c, et l'angle a A b, sous lequel il voit les arbres *a b*, est plus ouvert que l'angle b A c, qui mesure la distance b c.

*Expérience.* — Dessinez sur une carte une figure de face très-allongée, regardez cette figure de manière à ce que le plan de la carte se confonde avec l'axe visuel, c'est-à-dire le plus obliquement ou le plus de biais que cela est possible, la figure vous paraîtra ronde.

*Expérience.* — On peut, d'après des règles certaines, peindre une figure difforme, qui, étant vue d'un point déterminé, paraîtra régulière.

Dessinez cette figure régulière sur un carton A B C D (fig. 36), que vous diviserez en un certain nombre de compartimens; décrivez ensuite un carré long E B F G, divisez un des côtés E G en autant de parties égales qu'il y en a en D C, tirez de ces sept divisions autant de lignes en H, moitié de F B; du point I, pris sur ce côté à discrétion, tirez la ligne I E, et abaissez des perpendiculaires à toutes les intersections 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, qui, avec les lignes obliques, formeront autant de trapèzes; en rapportant la figure A B C D au triangle H G E, chaque partie du carré à chaque trapèze correspondant, la figure difforme se trouvera

décrite; mais on pourra la voir régulière et conforme au prototype A B C D, en la regardant par un trou pratiqué dans une lame de métal fort mince K à la hauteur H I, et que l'on placera verticalement en H.

*Expérience.* — CHASSIS POUR DESSINER LE PAYSAGE. — Elevez à l'extrémité d'une planchette (fig. 37) de 8 à 10 pouces de longueur, un petit châssis d'environ six pouces sur toutes les faces; croisez l'intérieur de fils noirs, espacés d'un pouce, vous aurez alors 36 espaces égaux. A l'autre extrémité de la planchette, placez dans une situation verticale une plaque de bois percée à son entrée, d'un trou d'une ligne de diamètre; faites supporter le tout par un pied garni d'un genou ou d'une charnière. Quand on veut faire le dessin d'un paysage, on place le châssis dans l'endroit où le point de vue est le plus avantageux, et on transporte les parties du paysage, que renferme chaque compartiment du châssis, sur un papier de même grandeur, et que l'on a également divisé en 36 carrés (fig. 37 bis). On peut agrandir ou diminuer à son gré l'étendue du paysage en rapprochant ou en éloignant du châssis la petite plaque à travers laquelle on observe.

*Expérience.* — PYRAMIDES MAGIQUES. — Tracez sur un carton plusieurs carrés à bords parallèles (fig. 38); faites sur ces carrés un dessin quelconque, découpez-les, et remplacez les

vides par d'autres dessins, auxquels ceux-là serviront de cadres ou d'entourage; ces carrés, isolés, ne laissent distinguer que ce dessin central; mais, réunis en pyramide, et vus à une certaine distance, les dessins du centre se trouvent cachés, et l'on ne voit que celui qui a été le premier tracé. On peut faire cette expérience avec des cartons de différente configuration, tels que ceux représentés fig. 39 et fig. 40.

## MIROIRS PLANS.

Toutes les surfaces polies réfléchissent l'image des objets; les métaux jouissent particulièrement de cette propriété; les glaces ou miroirs de cristal ne réfléchissent que parce qu'on a appliqué derrière des lames de métal ou d'amalgames métalliques, telle qu'une feuille d'étain recouverte d'une couche de mercure. Ces miroirs métalliques, les seuls connus dans l'antiquité, ont sur les miroirs de cristal l'avantage de ne réfléchir qu'à leur surface; ces derniers laissent pénétrer les rayons, et produisent une double réflexion qui, dans quelques circonstances, nuit à la vision réfléchie.

*Expérience.* — Deux personnes placées A B (fig. 41) sur les côtés, et à quelque distance d'un miroir plan, se verront réciproquement au-delà du miroir en *a b*, sans se voir elles-mêmes dans la glace. Il est facile d'expliquer ce phénomène

de réflexion d'après les principes établis au commencement de ce chapitre.

Dans les miroirs plans l'image est toujours égale à l'objet; sur quelque plan qu'il se présente, la perspective est parfaitement observée. Les parties de l'image qui sont à droite paraissent à gauche, celles qui sont à gauche paraissent à droite; l'écriture ordinaire y paraît de droite à gauche, et presque illisible.

*Expérience.* — Recevez sur un miroir plan un rayon du soleil, et donnez à ce miroir un mouvement angulaire, le rayon fera un mouvement angulaire double, et quand le miroir aura décrit ou parcouru 90° le rayon en aura parcouru 180.

Si vous inclinez, à une surface horizontale, un miroir plan de 45°, cette surface paraîtra verticale.

Placez une bougie allumée entre deux miroirs plans et verticaux, vous verrez une suite infinie de lumières, que les réflexions multipliées affaiblissent graduellement.

Lorsqu'on observe à travers un miroir plan de l'épaisseur d'une ou deux lignes, un objet lumineux, tel que la flamme d'une bougie, on aperçoit plusieurs images de cet objet : la première est produite par la réflexion du verre; la seconde, qui est la plus brillante, par la réflexion de la lame d'étain ou par l'étamage. Les autres, car on en observe quelquefois cinq ou

six, sont produites par des rayons plusieurs fois réfléchis, et par conséquent fort affaiblis.

*Expérience.* — Disposez dans une rotonde des glaces qui forment un polygone régulier (un hexagone ou un octogone), cette rotonde vous paraîtra d'une étendue immense; un lustre suspendu au centre complétera l'illusion.

*Expérience.* — Placez au-dessus et en avant d'une croisée un miroir plan A (fig. 42), incliné de quelques degrés, et de manière à réfléchir à la surface d'un autre miroir placé en B; on distinguera facilement les objets placés en C, et par conséquent les personnes qui se présenteront à la porte de la maison au-dessus de laquelle se trouve la fenêtre du premier étage.

On pourrait, par de semblables réflexions, observer de sa chambre tout ce qui se passe dans les autres pièces de la maison. A Bâle et dans quelques autres villes de la Suisse allemande, des miroirs sont placés hors des fenêtres du premier étage, et inclinés vers la rue, de manière à faire voir, sans ouvrir les croisées, ce qui se passe au dehors.

*Expérience.* — Une boîte quadrangulaire *A' B* (fig. 43) a sa base C D légèrement inclinée et creusée d'une rainure en S. Un miroir plan E est placé obliquement devant une ouverture F, à travers laquelle l'œil n'aperçoit point le plan CD, et même ne distingue point la glace, si elle est bien nette, mais seulement la base

C D, réfléchie dans une apparence verticale, et contre laquelle paraît s'élever une bille *a*, roulant dans la rainure. La théorie exposée ci-dessus rend facile l'explication de ce phénomène.

*Expérience.* — Dans une boîte A B (fig. 44), placez deux miroirs disposés de manière à faire entre eux un angle de 90°; ménagez une ouverture de sept à huit pouces de diamètre, pour une boîte qui en a à peu près trois fois plus de hauteur; en regardant par cette ouverture, on voit les objets renversés, ceux qui sont en D paraissent en E, *et vice versâ*. Si l'on place la boîte de manière à ce que les deux miroirs aient leur ligne de jonction verticale, alors on voit à gauche la partie du visage qui est à droite; enfin, si on lève le bras gauche, et qu'on ferme l'œil du même côté, il semble que c'est le bras et l'œil droits qu'on lève et qu'on ferme.

*Expérience.* — Faites fabriquer une caisse triangulaire ABC (fig. 45) dont les côtés égaux aient chacun une largeur de 18 pouces sur 8 de hauteur; recouvrez-la d'un verre dépoli (1); pratiquez trois ouvertures circulaires au centre des trois panneaux, tapissez-les de glaces dont vous aurez enlevé l'étamage à la place des ouvertures; placez dans l'intérieur de la boîte trois cartons sur lesquels sont peints des sujets dont l'en-

(1) Passé au sablon pour en ôter le poli: ces verres laissent passer la lumière, mais ne laissent pas distinguer les objets qui sont au-delà.

semble peut s'accorder et former un assortiment agréable, tel qu'un portique, un jardin, un paysage, une allée, un berceau. Ces cartons doivent être disposés de manière à former avec les côtés de la boîte, un hexagone, tel que le représente la figure (*).

En regardant par les ouvertures des panneaux, on apercevra un édifice d'une forme hexagonale entouré de bocages enchantés. On donne à cette expérience le nom *des trois miroirs magiques.*

*Expérience.* — Construisez une boîte parfaitement carrée, ABCD (fig. 46), d'environ 10 pouces de largeur sur 8 de hauteur; couvrez les faces des quatre panneaux de miroirs plans, et placez sur le fond intérieur quelques objets en relief, tels que des fortifications, des soldats, des maisons, des arbres, des vagues, des vaisseaux, etc.; couvrez cette boîte, ainsi disposée, d'une cage de verre égrisé ou dépoli, en forme de pyramide tronquée, dont la partie supérieure EFGH soit élevée seulement de 2 à 3 pouces au-dessus des bords supérieurs de la boîte: c'est par cette partie supérieure, recouverte d'une glace transparente, que l'on regarde dans l'intérieur de la boîte; on aperçoit alors une étendue considérable couverte des objets réfléchis par les quatre verres perpendiculaires : ces objets se trouvent répétés 9, 25, 49 fois, etc., nombres carrés des impairs de la progression arithmétique

1-3-5-7-9, etc.; ce qu'il est facile d'expliquer, en considérant que le sujet renfermé dans cette boîte se trouve au centre d'un carré entouré de plusieurs autres égaux à celui qui en forme le fond.

On peut construire d'autres boîtes sur un fond triangulaire, pentagonal, hexagonal, etc., avec des glaces latérales inclinées, au lieu d'être droites. Toutes ces dispositions tendent à varier les effets de cette belle expérience de catoptrique, qui porte le nom des *quatre miroirs magiques*.

*Expérience.* — PALAIS MAGIQUE. — Sur un plan hexagonal A B C D F (fig. 47) élevez verticalement des glaces adossées deux à deux, et qui se réunissent toutes au centre G, comprenant ainsi des espaces angulaires de 60°. Les jointures extérieures sont voilées par six colonnes répondant aux angles du polygone A B C, etc. Couvrez cette espèce d'édifice d'un dôme; placez ensuite dans chaque espace angulaire différens sujets peints, tels que des points de vues champêtres, des fortifications garnies de soldats, des jardins ornés de jets d'eau, des appartemens somptueux, vous verrez chacun de ces objets six fois réfléchi par les glaces, ce qui produit un spectacle très-agréable.

*Expérience.* — Pratiquez à une cloison, à un pied d'intervalle, et à la hauteur de cinq pieds, deux ouvertures A B (fig. 48) d'environ neuf pouces de hauteur sur six de largeur; garnissez-les de glaces non étamées; disposez derrière la

cloison deux miroirs CD, inclinés de 45°, et opposés aux deux ouvertures A B; fermez exactement l'appareil, et couvrez-en les parois de cartons noircis; placez une bougie allumée à côté de chaque miroir, et faites regarder une personne par chaque ouverture; en tirant un petit rideau placé devant, chacune d'elles voit la figure de celle qui est placée à côté d'elle, et qui regarde à travers l'autre ouverture. Cet effet de simple réflexion est très-facile à expliquer.

*Expérience.* — Mettez-vous vis-à-vis un miroir vertical, placez derrière vous un autre miroir vertical, mais formant avec le premier un angle d'environ 30 à 40 degrés, vous vous verrez alors de profil. Ce moyen si simple équivaut à tous les appareils construits pour produire le même effet.

*Expérience.* — Dans une caisse cubique AB (fig. 49) placez deux miroirs adossés, suivant la diagonale C D : si quatre personnes regardent en même temps par quatre ouvertures ménagées dans les parois de la boîte, la personne placée en E verra la personne placée en F; celle placée en G, la personne placée en H, et réciproquement, d'après la loi d'incidence que suit la lumière.

*Expérience.* — C'est d'après le même principe que l'on construit la lunette à laquelle on a donné le nom d'*incompréhensible* (fig. 50), parce qu'on croit réellement voir avec cet instrument les objets à travers les corps opaques.

Cette lunette se compose d'un tuyau coudé dans lequel sont placés quatre miroirs A B C D, sous des angles de 45°. Vis-à-vis les deux miroirs A et D sont percées deux ouvertures auxquelles on adapte deux tuyaux de lunettes, l'un garni d'un verre objectif, l'autre d'un verre oculaire concave, ou simplement d'un verre plan. En plaçant l'œil vis-à-vis une des ouvertures, on aperçoit les objets placés au-delà de la lunette, et qui sont réfléchis par les petits miroirs en suivant les lignes a, b, c. Il est bien évident que la main ou un autre corps opaque placé en E n'empêchent pas la vision, qui paraît se faire directement, et que les personnes non prévenues ne supposent pas se faire autrement. On complète l'illusion en plaçant un faux tuyau en E, que l'on ôte pour placer le corps opaque.

C'est encore d'après le même principe que l'on construit la lunette à objectif latéral (fig. 51), avec laquelle on voit ce qui se passe à côté de soi, lorsqu'on a l'air de regarder en face. Pratiquez à la partie latérale d'une lorgnette une ouverture circulaire A B ; placez vis-à-vis, et sous une inclinaison de 45°, un miroir plan B C, l'objet placé en D viendra se peindre dans ce miroir pour se réfléchir en E, où se place l'œil de l'observateur, qui aura l'air de regarder par l'objectif conservé en F.

*Expérience.* — Optique simple. — On a mis beaucoup de soins à varier le jeu et les illu-

sions des instrumens de catoptrique, qui sont connus sous le nom d'optiques. Le plus simple est composé d'un verre convexe ou lenticulaire, supporté verticalement par un pied; derrière ce verre est attaché un miroir plan, mobile au moyen d'une charnière, et auquel on donne ordinairement une ouverture de 45°. On pose au-dessous de ce miroir, et dans une situation horizontale, des estampes enluminées : l'image doit être renversée pour se peindre droite dans le miroir plan.

*Expérience.* — L'optique appelée *panorama* est encore plus simple : les sujets peints sont droits, et vus au moyen d'un verre convexe dont le bord est entouré d'un diaphragme noir; mais il vaut mieux les éclairer par réverbération, au moyen de lampes placées en face, et tout-à-fait cachées au spectateur. Cette optique n'est, comme la première, qu'un jeu d'enfant.

*Expérience.* — Optique pyramidale. — Formez avec des planches légères la pyramide ABCDEF (fig. 52); laissez ouvert le côté AB, et couvrez-le d'une gaze, en ménageant une ouverture tout-à-fait en bas pour introduire sur le fond ABCD des gravures coloriées. Sur la pyramide, placez une boîte carrée EFGH, dans une des faces de laquelle on a pratiqué une ouverture circulaire. On y place un verre convexe; vis-à-vis ce verre est placé un miroir plan, incliné sous un angle de 45°. Le foyer du verre doit coïncider

avec le centre du miroir et le fond de la boîte ABCD : c'est sur ce fond que l'on place les estampes, dont les bords doivent être couverts de papier noir. L'intérieur des deux chambres doit être peint de la même couleur.

Il est facile, d'après les expériences précédentes, de juger de l'effet de celle-ci.

*Expérience.* — Optique théatrale. — Cette optique ne diffère de la précédente que par la forme de la boîte, qui est carrée ou rectangle (fig. 53). On y place plusieurs dessins, et dans des coulisses dont les intervalles inégaux vont toujours en augmentant c, c, c, c, c, c. Ces dessins sont découpés à jours et s'adaptent à la même scène : celui du fond doit offrir le sujet principal, les autres n'en sont que les accessoires ou les accompagnemens. Ainsi, quand l'optique représente l'intérieur d'une église, le premier carton en est le portail, et le dernier le maître-autel : si c'est un théâtre, le carton supérieur représente l'avant-scène ; celui du fond, la scène, les intermédiaires, les décorations et les coulisses. Le foyer de l'objectif doit, comme dans l'expérience précédente, coïncider avec le dernier dessin. On rend la perspective plus agréable en plaçant à chaque coulisse un verre blanc.

*Expérience.* — Optique a miroir concave. — Faites faire une boîte ABCD (fig. 54) de deux pieds de long sur environ un pied de haut et

15 pouces de large; placez sur le fond AC un miroir concave H, dont le foyer du rayon parallèle coïncide avec le fond opposé : si ce miroir ne remplit pas cet espace, alors placez en IL un châssis ou diaphragme en carton découpé à jours, de manière à permettre le passage des rayons; couvrez d'une planche l'espace AI, pour laisser le miroir dans l'obscurité, et d'une gaze l'espace IB; à la partie supérieure du côté BD, faites une ouverture G de quatre pouces de large sur deux de hauteur: c'est par cette ouverture que l'on regarde le dedans de la boîte. Les cartons sur lesquels sont collés les sujets peints, s'introduisent par une rainure pratiquée sur le côté EF. L'image en est réfléchie par le miroir H. On peut coller ces sujets sur toile, en faire une longue suite, et les fixer sur deux rouleaux, qui, placés verticalement, feront voir sans interruption une scène toute entière, ou une longue suite de sujets divers.

*Expérience.* — Optique transparente. — Rien n'est plus simple que cette optique, qui est fort brillante et de beaucoup d'effet. On mouille une estampe en la mettant quelques instans en presse entre deux feuilles de papier humectées; on la colle ensuite sur un verre plan; on place ensuite ce cadre sur un chevalet que l'on expose au grand jour, puis on enlumine et on ombre l'estampe par-derrière. Ces estampes, placées dans une boîte optique garnie d'un objectif convexe,

fortement éclairé par-derrière avec une lampe à miroir réflecteur, ou avec des bougies, font un fort bel effet.

Les *panorama* et les *diorama* sont des optiques d'une grande dimension, représentant la nature dans toutes ses proportions. La magie de ces admirables tableaux dépend entièrement de la savante distribution de la lumière. J'ai vu de près les toiles du panorama si extraordinaire de Wagram ; la peinture ne m'en a pas paru plus soignée et plus brillante que celle des décorations de théâtre.

## KALÉIDOSCOPE.

Lorsque deux miroirs plans sont disposés de manière à former un angle de 120°, on se verra distinctement dans chaque glace; en faisant l'angle de 90°, on verra son image triple. Si l'on fait l'angle moindre de 90°, on verra ces images se multiplier, comme si elles sortaient de derrière un corps opaque, pour former un cercle autour du point de concours des deux miroirs ou du sommet de l'angle qu'ils forment.

C'est sur ce principe qu'est construit le kaléidoscope, machine catoptrique dont l'effet est très-anciennement connu, et que les opticiens anglais ont annoncée comme une chose nouvelle en en faisant un instrument portatif, élégant, un joujou de dame, et en le décorant d'un nom grec.

Le kaléidoscope est composé de deux miroirs plans, formant entre eux un angle de 20 à 50°, suivant le nombre de fois que l'on veut voir les objets réfléchis. Ces miroirs sont contenus dans un tube dont une extrémité est percée d'un trou de 2 à 3 lignes de diamètre, et contre lequel on place l'œil; l'autre extrémité est fermée par un verre dépoli, et par un autre verre transparent placé à quelques lignes plus en arrière, et laissant un espace où l'on met toutes sortes d'objets ou de fragmens colorés et brillans, tels que des morceaux de verre, de métaux, de clinquant. Ces objets forment, par le jeu des glaces, des figures régulières et on ne peut plus symétriques, toujours disposées en croix ou en rosaces, et cela avec une variété infinie qu'aucun nombre ne peut exprimer (1).

L'aphanéidoscope, simple modification du kaléidoscope, sert, comme son nom l'indique, à faire produire aux corps opaques les effets produits dans l'autre instrument par les corps transparens. On pose ces objets sur un petit plateau en verre, placé comme le réflecteur d'un microscope composé : le tube est fixé dans une situation verticale ; on met sur le plateau des

(1) Si l'instrument contenait 12 fragmens de verre, en faisant 10 changemens par minute, il faudrait 91 ans et 49 jours pour parcourir l'immense variété de ceux que peuvent offrir ces fragmens par le jeu du kaléidoscope; s'il y avait 20 morceaux, il faudrait 462,880,699,576 ans : ces calculs sont positifs.

barbes de plumes, des pétales de fleurs, des morceaux d'émail, de petits camées qui, vus à travers le tube, forment des entrelacemens, des guirlandes ou des rosaces fort agréables, que l'on peut arrêter dans une position fixe pour en faire la copie; avantage que n'a pas le kaléidoscope, mais que l'on pourrait cependant lui donner en lui faisant un support horizontal.

## MIROIRS SPHÉRIQUES.

Un miroir sphérique est une portion de sphère formant un miroir concave ou convexe, suivant que l'on mire les objets par la surface intérieure ou extérieure, et que l'étamage est appliqué en creux ou en relief. A B C (fig. 55) est le profil du miroir, O son centre géométrique, B qui partage le segment est le centre optique, B o représente l'axe; si la surface intérieure est polie, et la surface extérieure étamée, le miroir est *concave* ou *convergent;* si c'est la surface extérieure qui mire les objets, le miroir est *convexe* ou *divergent*

## DES MIROIRS CONCAVES.

Les propriétés des miroirs concaves se déduisent de ce principe connu, que si un rayon de lumière tombe fort près de l'axe de ce miroir, et parallèlement à cet axe, il se réfléchira de

manière à rencontrer cet axe à une distance du miroir à peu près égale à la moitié de son rayon.

Ces miroirs produisent de singuliers effets relativement à la vision ; à une certaine distance ils rendent l'image de l'objet plus grande et plus éloignée qu'elle n'est réellement. Si l'on continue de l'éloigner, cette image devient confuse ; à une plus grande distance encore elle reparaît, mais dans une situation renversée. Cette image sort alors du miroir, et semble se rapprocher de l'objet réel.

Si l'on place au foyer d'un miroir concave un flambeau, les rayons lumineux, après avoir été réfléchis, marchent parallèlement, et forment une colonne de lumière jusqu'à une très-grande distance, puisqu'on peut y lire à cent pas.

Un objet placé entre le contact et le foyer, se peint dans une situation renversée; une bouteille à moitié pleine d'eau paraît être dans cette situation ; et ce qu'il y a de fort singulier, c'est que dans ce renversement, qui n'est qu'une illusion, l'eau semble se placer dans la partie qui est en bas. Si l'on renverse réellement la bouteille, et qu'on en fasse écouler l'eau, l'image de la bouteille paraît se remplir ; mais dès que l'eau est entièrement écoulée l'illusion cesse.

*Expérience.* — Si un grand miroir concave est opposé au foyer d'une cheminée, quand on y fait du feu, la flamme paraît entre le foyer et

le miroir, à une certaine hauteur. On complètera l'illusion en plaçant au-dessous de cette image une console, sur laquelle la flamme semblera être entretenue par quelque combustible.

*Expérience.* — Si un homme s'avance vers un miroir concave d'une grande dimension, en lui présentant une épée, il verra une autre lame sortir du miroir, le menacer, et même croiser celle qu'il tient à la main.

*Expérience.* — Suspendez un bouquet renversé (fig. 56) entre le centre et le foyer, un peu au-dessous de l'axe ; en le cachant au moyen d'un carton noirci, son image paraîtra au-dessus de ce carton, dans une situation droite. On complètera l'illusion en plaçant hors du carton un petit vase dont le bord répond à son bord supérieur ; le bouquet y paraîtra enraciné.

*Expérience.* — Si vous placez au fond d'une salle, et vis-à-vis un paysage éclairé par le soleil, un miroir concave; en présentant à la réflexion de ce miroir, et un peu au-delà du foyer, un carton blanc, dans une situation verticale, vous verrez se peindre sur ce carton le paysage avec ses couleurs naturelles, mais dans une situation renversée, inconvénient auquel il est facile de remédier. On construit, d'après ce principe, des chambres obscures qui ont une très-grande perfection.

*Expérience.* — Placez contre une cloison un miroir concave A B ( fig. 57 ) d'environ 2 pieds

de diamètre (1); placez en C, au foyer des rayons, une petite figure à 8 ou 10 pieds; disposez une cloison D E en face le miroir, ouverte de la grandeur du diamètre de celui-ci, et couverte d'une mousseline légère, qui cependant la cache; à 2 ou 3 pieds de cette cloison, placez un autre miroir F G parallèlement au premier et à la cloison : lorsqu'une personne placée au foyer I parlera très-bas, une autre personne placée au foyer opposé H entendra fort distinctement et répondra d'une manière également intelligible.

Le son ayant, comme la lumière, la propriété de se réfléchir en faisant des angles égaux à ceux d'incidence, il est facile de se rendre compte de cette expérience.

*Expérience.* — Disposez deux miroirs concaves, de manière que leur cavité soit opposée à la distance l'une de l'autre de 12 à 15 pieds, et que leur axe soit commun; placez à l'un des foyers un charbon ardent, et à l'autre une spatule couverte de poudre à canon; en animant la combustion du charbon au moyen d'un soufflet, la poudre s'enflammera. Avec des miroirs de 18 pouces à 2 pieds de diamètre, cette curieuse expérience a réussi à 50 pieds, et même avec des miroirs de bois doré.

*Expérience.* — Si l'on dirige l'axe d'un miroir concave vers le soleil, en réunissant alors dans

(1) Dans plusieurs expériences on peut se servir de miroirs de fer-blanc poli ou de carton doré.

un foyer unique tous les rayons que cet astre envoie à sa surface, on remarque à ce point une lumière éblouissante, on y ressent une chaleur très-vive : on donne à cette chaleur un grand degré d'intensité, en faisant le miroir d'un assez grand diamètre, afin que la distance du foyer à sa surface soit moindre que son étendue.

La réunion de tous les rayons qui sont réfléchis par la surface du miroir concave, ne forme pas un point unique, ce foyer a une largeur assez sensible. Dans un miroir formé d'une portion de sphère de 6 pieds de rayon et ayant 30 degrés d'arc, ce qui donne à peu près 3 pieds de largeur, le foyer doit avoir la 56e partie de cette largeur ou environ 7 à 8 lignes; les rayons tombant sur une surface de 3 pieds de diamètre, seront donc la plupart rassemblés dans un point focal 56 fois plus petit, et par conséquent dans un cercle qui n'est que la 3,136e partie du miroir. Il doit exister à ce point focal une chaleur très-forte.

On réunirait tous les rayons en un même point si l'on pouvait donner au miroir la forme exacte de cette courbe, appelée par les géomètres *parabole*. Si l'on décrit une parabole avec son axe, il y a sur cet axe un point unique où viennent exactement aboutir tous les rayons réfléchis des rayons parallèles qui viennent frapper la surface de sa concavité; mais un miroir parfaitement parabolique est très-

difficile à faire, et serait d'ailleurs d'un prix excessif.

Les miroirs concaves employés pour produire l'inflammation et la fonte des corps, s'appellent *miroirs ardens :* on en attribue l'invention à Archimède. Tout était possible au génie de ce grand mathématicien ; mais il est absurde de croire qu'il ait pu, avec une telle machine, brûler la flotte romaine devant Syracuse : il eût fallu un miroir immense, et l'art eût été alors impuissant ; aujourd'hui même une pareille tentative n'aurait probablement aucun succès. Buffon cependant, et avant lui le père Kircher, avaient construit des miroirs concaves de la réunion d'un grand nombre de miroirs plans, disposés de manière à réfléchir les rayons du soleil en un seul foyer. Celui que Buffon fit construire en 1747, et avec lequel il fit des expériences au jardin des Plantes, était formé de 168 glaces, brûlait le bois à 200 pieds, fondait les métaux à 45, vitrifiait la tuile, et volatilisait le diamant.

Les actes de Leipsick, de l'année 1687, parlent avec beaucoup d'étendue du fameux miroir ardent du baron Tchirnhausen, qui comburait, fondait ou volatilisait, en quelques secondes, les substances les plus réfractaires, et dont les effets égalaient, s'ils ne surpassaient pas, ceux du miroir ardent que le naturaliste français construisit à l'imitation du sien et de celui du père Kircher.

### *Miroirs convexes.*

Une des principales propriétés du miroir convexe, c'est de réfléchir plus petite l'image des objets, mais toujours droite et derrière le miroir, quel que soit le lieu de l'image. Cette image, sans égard à l'éloignement de l'objet réfléchi, n'est jamais plus éloignée de la surface que la moitié du rayon ou le quart du diamètre. L'image d'une ligne droite ou d'une surface plane réfléchie par le miroir convexe, est toujours convexe vers l'œil; dans le miroir concave, c'est le contraire. Le miroir convexe disperse les rayons et les renvoie divergens; le miroir concave les fait converger.

Les miroirs convexes servent à réduire les images ou à rapetisser les objets, à les faire paraître moins étendus, et à donner au dessinateur plus de facilité d'en faire la réduction.

On voit chez tous les miroitiers des miroirs plans circulaires, dans la circonférence desquels sont taillés plusieurs petits miroirs convexes. Quand on se place en face, on voit son image dans chacun d'eux en même temps.

### *Miroirs prismatiques, cylindriques, pyramidaux, coniques, etc.*

Les propriétés des miroirs prismatiques, cylin-

driques et coniques, ont autant de ressemblance avec celles des miroirs plans et des miroirs courbes, qu'il y a de rapport, en géométrie, entre les prismes et les cylindres, entre les courbes et le cercle. Le miroir prismatique et pyramidal est composé de miroirs plans. Le miroir cylindrique est un miroir prismatique dont les côtés sont infiniment petits. Le miroir conique est un miroir pyramidal dont les côtés, infiniment petits, sont autant de triangles qui ont un sommet commun, celui du cône : ce miroir produit des effets analogues à ceux que l'on obtient des miroirs pyramidaux. Le miroir prismatique a la propriété de recevoir en une seule image continue plusieurs parties d'un même dessin espacées entre elles. Les miroirs pyramidaux peuvent être considérés comme une surface prismatique en tous sens, lorsque l'œil est placé sur le prolongement de l'axe de la pyramide. Les miroirs cylindriques représentent les objets, sans les défigurer, dans le sens de leur longueur, mais en les rétrécissant dans le sens de leur largeur. Lorsqu'on se regarde dans un tel miroir, tenu dans une position verticale, on se voit avec une figure très-allongée; la figure se présente d'une très-grande largeur quand on tient ce miroir dans une direction horizontale. Les miroirs coniques produisent des effets fort analogues aux miroirs pyramidaux, et que l'on peut y rapporter par l'analyse.

Je vais indiquer les expériences les plus in-

téressantes faites avec les miroirs dont nous venons de parler.

*Expérience.* — Cône magique. — Tracez le cercle ABC (fig. 58), dont vous diviserez la circonférence en douze parties égales ; tirez autant de rayons ; divisez un de ces rayons en quatre parties, par lesquelles vous ferez passer des cercles concentriques.

Dessinez sur cette figure géométrique un objet régulier, tel qu'un papillon, un chien, un oiseau.

Faites faire un miroir conique ABC (fig. 59) (1), dont la hauteur AD soit égale au diamètre de la base BC.

Portez sur un papier, avec un compas, la ligne BD égale au demi-diamètre de la base du cône; élevez DA perpendiculaire égale à sa hauteur ; tirez la ligne BA qui en représente le côté ; prolongez ensuite la ligne DA arbitrairement jusqu'en E, endroit où l'œil se place pour considérer l'objet. Divisez ensuite la ligne BD en quatre parties égales, et menez à ces divisions les lignes E1, E2, E3, E4. Prolongez le côté AB, et de A comme centre, tracez la portion de cercle EG ; faites F G égal à FE, et tirez de G, par les points d'intersection formée par la ligne AB, les lignes G1, G2, G3, G4.

Prenez ensuite un cercle de carton ABCD

(1) On construit ordinairement ces miroirs en métal.

(fig. 60) dont le rayon AE soit égal à la ligne DH (fig. 59); divisez-le en douze parties égales; transportez ensuite sur un des rayons les distances D1, D2, D3, D4 de la fig. 59, et tracez des cercles qui passent par ces divisions.

Enfin transportez sur les divisions de ce cercle tous les traits du dessin régulier du premier cercle ABC (fig. 58); en renversant la figure, de manière que les parties du dessin qui sont au centre répondent ici aux cercles qui en sont le plus loin, et réciproquement, cette figure, ainsi tracée, paraîtra on ne saurait plus irrégulière et plus bizarre; elle ne paraîtra régulière que quand l'œil sera placé au sommet du cône, et dans la ligne DAE (fig. 59) prolongée : c'est là qu'il convient de fixer un petit cercle de cuivre percé au centre.

*Expérience.* — CYLINDRE MAGIQUE. — Il y a de très-grands rapports de ressemblance entre cette expérience et la précédente, soit pour la construction, soit pour l'effet.

On trouve dans les auteurs diverses manières de tracer la figure irrégulière dont l'image paraît régulière, vue dans un miroir cylindrique : la meilleure, la plus exacte, celle enfin qui exige le moins de tâtonnement est décrite dans les *Récréations mathématiques* d'Ozanam : c'est celle que j'ai adoptée.

ABC (fig. 61) décrit la base du cylindre, AC en est la corde. Sur le rayon perpendiculaire à

AC, et le coupant conséquemment en deux parties égales, soit pris le point O dans sa prolongation, et à une distance médiocre du miroir: ce point doit être élevé au-dessus du plan de la base de trois ou quatre fois seulement le diamètre du cylindre, et à telle distance du cylindre, que les lignes OA, OC, n'y soient point tangentes, et forment entre elles un angle aigu toujours moindre de 45°. Ces lignes AO, OC, étant tirées, on tire aussi AD, CE, de manière à ce qu'elles forment avec le cylindre un angle égal à OA, OC, comme si elles étaient des rayons réfléchis des premières, considérées comme rayons incidens.

Divisez la corde AC en quatre parties égales, élevez dessus un carré que vous diviserez en seize. Tirez ensuite O2, O4, qui coupent le miroir en F H.; et de ces points tirez HI, FG, comme rayons réfléchis des incidens OF, OH.

Sur l'extrémité O (fig. 62), élevez ON égale à la hauteur de l'œil, au-dessus du plan du miroir; faites OQ égale à OA; élevez sur le point Q la perpendiculaire Q4, égale à AC, et divisez-la en quatre parties égales. Tirez ensuite de N les lignes qui coupent QP, I, II, III, IV; transportez ces divisions, dans le même ordre, sur les rayons AD, CE, de la fig. 61, en sorte que AI, AII, AIII, AIV, soient égales à QI, QII, QIII, QIV.

Procédez de la même manière pour diviser les lignes FG, HI, en parties inégales, comme

F I, F II, etc., H I, H II, etc.; joignez alors toutes ces divisions par des courbes I, I, I, II, II, II, III, etc., ou par des arcs de cercles, ce qui n'est pas ici bien différent; ces arcs de cercles formeront avec les lignes droites des portions de couronnes circulaires qui répondent aux 16 carrés construits sur la corde. L'arc mixtiligne *a* répond à *a*; *b* à *b*; *c* à *c*, ainsi de suite. Ainsi, en peignant sur le carré AC une figure régulière, et en transportant chaque partie du tableau contenue dans les petits carrés, dans chaque arcade correspondante; en étendant les dessins suivant la différence de forme et de grandeur des espaces, on aura une figure irrégulière, monstrueuse, tout-à-fait méconnaissable, qui se peindra dans le miroir cylindrique placé au centre, avec beaucoup de régularité et d'ensemble.

Les traités de récréations physiques et mathématiques renferment plusieurs autres expériences qui ne sont que des variétés de celles que je viens de décrire; telles que les figures vues dans des miroirs pyramidaux, ou dans des miroirs cylindriques, etc. On trouvera ample sujet à ces amusemens dans les ouvrages de Guyot, d'Ozanam, et dans la partie de l'encyclopédie méthodique qui traite de ces sortes de récréations.

### *Dioptrique.*

Si un rayon passe d'un milieu à travers un autre plus dense, il se détourne de la ligne

droite, se réfracte ou se courbe d'autant plus, que le corps est plus dense, et que le rayon est plus oblique. On appelle *dioptrique* cette déviation ou cette *réfraction* des rayons. On appelle *inflexion* le mouvement de déviation que fait un rayon de lumière en se détournant légèrement. Un rayon réfracté par un corps plus dense que celui qu'il vient de traverser, s'approche, dans cette déviation, de la perpendiculaire; s'il passe d'un milieu dense, à travers un milieu qui l'est moins, il s'en éloigne.

Les rayons de lumière qui sont parallèles avant leur incidence, conservent leur parallélisme en traversant un corps et après l'avoir traversé, si celui-ci est formé de deux surfaces parallèles.

Ainsi les objets vus à travers une glace bien transparente et bien unie, doivent paraître tous semblables, mais seulement placés un peu plus haut ou un peu plus bas. Soit AB ( fig. 63 ) la glace, CDE le rayon incident; l'objet C, après l'incidence en D, paraît en E dans la direction de la parallèle menée en F.

Lorsque les rayons de lumière, tels que AB, CD ( fig. 64 ), traversent un verre convexe, ils se réfractent, s'approchent de la perpendiculaire EF, et se réunissent au foyer F.

Si ces rayons tombent sur la surface d'un verre concave AB ( fig. 65 ), ils se réfractent et divergent en le traversant.

C'est cette convergence et cette divergence

des rayons qui nous font paraître les objets que nous observons, au moyen des verres, plus grands ou plus petits. C'est la convergence et le croisement des rayons visuels, au moyen des verres lenticulaires, qui font paraître ces mêmes objets droits ou renversés, suivant la distance de l'objet et de l'observateur.

Un phénomène fort remarquable, c'est celui de la double réfraction produite par plusieurs substances minérales, et particulièrement par cette variété de chaux carbonatée limpide appelée *spath d'Islande :* une lame de ce spath placée sur une ligne noire, tracée sur le papier, la fait paraître double. Il y a réellement double réfraction et une double incidence dans ce phénomène d'optique, un de ceux qui ont le plus exercé la sagacité des savans, et dont la théorie est très-bien expliquée dans l'excellente *Physique* de M. Haüy, et dans le *Traité de minéralogie* du même auteur.

Les *lunettes* ordinaires sont l'instrument d'optique le plus utile, et par conséquent le plus commun; leur invention est moderne, et les anciens n'en ont point connu l'usage : privation d'autant plus grande, qu'ils ne lisaient que des manuscrits, ce qui est bien plus difficile que de lire des caractères imprimés. L'œil, peut-être celui de nos organes le plus docile, contracte très-facilement et très-promptement l'habitude des lunettes. On a vu des personnes douées d'une

vue excellente, parvenir à distinguer les plus petits objets avec des lunettes qui ne convenaient qu'à des yeux fortement myopes : ce moyen a été souvent employé par des jeunes gens qui cherchaient à s'exempter du service militaire, en prétextant une vue faible.

On remédie aux vues trop allongées par des verres convexes, et aux vues trop courtes par des verres concaves, afin de ramener, soit en plus, soit en moins, la divergence des rayons à un degré convenable. Les verres convexes favorisent ou augmentent la convergence nécessaire à l'œil aplati du presbyte; les verres concaves diminuent cette convergence des rayons, qui, dans cet état, n'arrivent pas jusqu'à la rétine de l'œil trop convexe du myope, ou du moins n'y peignent qu'une image confuse.

On doit n'employer de lunettes que quand on ne peut pas absolument s'en passer, et ne faire d'abord usage que des verres les plus faibles. C'est toujours à un opticien en réputation que l'on doit s'adresser relativement à ce choix : personne n'en a mieux fait sentir l'importance et n'a traité ce sujet avec plus de sagacité que M. Chevalier (1).

### *Des verres achromatiques.*

Quand on se sert, dans la construction des lunettes à tubes ou de spectacle, de verres ou

(1) *Le Conservateur de la vue.*

d'objectifs d'une certaine étendue, les objets paraissent entourés de lignes diversement coloriées, ce qui est produit par la décomposition des rayons lumineux qui pénètrent dans la lunette obliquement ou par les bords. Il arrive dans ce cas, ce qui arrive dans la décomposition ou l'éparpillement de la lumière au moyen du prisme. Cet effet n'est pas sensible quand les verres ont peu d'étendue; mais, dans le cas contraire, quand l'obliquité est grande, les rayons sont tellement écartés, qu'il y a alors neuf degrés de différence entre le rayon rouge, qui est le moins réfrangible, et le rayon violet, qui l'est le plus; de sorte que ces deux couleurs dominent, l'une sur un des bords de l'objet observé, l'autre sur le bord opposé. Euler eut le premier l'idée de se servir de cette différence de réfrangibilité des rayons de la lumière, pour les forcer à se réunir après s'être éparpillés. Dollond, célèbre opticien anglais, ayant étudié la nature des verres qui donnent les réfractions les plus dissemblables (le *Crown-glass* et le *Flint-glass*, noms anglais que l'on a conservés dans nos fabriques), parvint à combiner ces verres, à en composer des lentilles, à travers lesquelles passe la lumière sans se décomposer, comme dans les verres d'une seule pièce. En effet, comme la réfraction moyenne de la lumière à travers [illegible]n-glass, est à peu près dans la proportion [illegible]5, que celle du flint-glass est de 5 à 8;

en examinant le résultat de ces différentes forces réfractives, on a reconnu que le maximum de différence du rayon rouge au violet est dans le verre commun de 37 minutes et demie, et dans le flint-glass de 52 minutes et demie.

Au moyen de ces observations, l'opticien ajuste l'un sur l'autre, et sans laisser d'intervalle, deux verres de ces diverses substances; à l'extérieur il place le moins réfringent, et lui donne plus de convexité au dehors qu'au dedans; il place à l'intérieur le plus réfringent, à peu près plan d'un côté, et qui du côté concave s'adapte au premier verre, comme le fait voir la figure 66.

Dans cet objectif, le foyer de la convexité extérieure se trouvant plus court que le foyer de la concavité, dans un rapport nécessaire pour tirer parti de la plus grande force réfractive du flint-glass, les rayons en sortent sans conserver de couleurs étrangères. D'après ce principe, l'opticien peut donner plus de champ à ses lunettes, sans craindre les iris ni l'obscurcissement de la lumière. La perfection des instrumens construits d'après ce procédé est telle, qu'avec un foyer de trois pieds et demi on peut obtenir un grossissement de 150, ce qui exigerait une lunette simple de 60 pieds.

### *Des verres périscopiques.*

Quand on fait usage de lunettes ordinaires, on sait qu'un objet n'est jamais vu d'une ma-

nière plus distincte que quand les rayons qui pénètrent dans l'œil passent par le centre du verre. Quand on veut observer ce qui environne cet objet, il faut, pour conserver à l'axe optique cette direction favorable tourner la tête, et diriger le centre des verres sur tout ce qu'on veut voir. Pour éviter cet inconvénient, on a donné aux verres une forme bombée du côté de l'objet, et creuse du côté de l'œil; en sorte que les rayons qui arrivent latéralement à l'œil, rencontrent la surface du milieu réfringent dans une direction moins oblique, ce qui agrandit beaucoup le champ de la vision. Les lunettes périscopiques sont particulièrement avantageuses aux personnes qui ont besoin d'embrasser d'un seul coup d'œil un grand espace : aux peintres de paysages, aux voyageurs, aux militaires, etc., etc.

### *Des lunettes d'approche, des lunettes astronomiques et des télescopes.*

On forme avec des verres sphériques un grand nombre de combinaisons diverses, qui font voir les objets ou plus grands ou plus rapprochés, et paraissant tels par un effet de ces illusions qui équivalent, pour ainsi dire, à la réalité. Les instrumens d'optique qui servent à les produire, sont appelés lunettes terrestres, lunettes astronomiques, télescopes, microscopes, etc. Aucuns n'ont plus contribué à l'avancement des sciences

d'observation, à l'histoire naturelle et à l'astronomie.

Les lunettes qui sont uniquement composées de verres qui n'opèrent que des réfractions, s'appellent *lunettes dioptriques;* celles qui admettent des miroirs à réflexion s'appellent *lunettes catoptriques*. Enfin, celles qui produisent en même temps la réflexion et la réfraction, comme sont la plupart des télescopes, s'appellent lunettes ou instrumens *catadioptriques*.

Les verres qui reçoivent immédiatement la lumière d'un objet, et qui sont par conséquent placés au bout des lunettes dioptriques, s'appellent *verres objectifs*. Les autres verres s'appellent *oculaires*, et sont distingués par ordre de numération, en comptant le premier, le second, le troisième oculaire, en partant de l'objectif. Entre ces verres on place des diaphragmes, cercles ou cloisons intermédiaires, et percés à leur centre pour le passage des rayons. Chaque verre doit être exactement *centré*, et avoir une distance focale exactement déterminée d'après des règles fixes. Ils doivent avoir leur axe placé sur une même ligne droite.

Les objets vus au moyen de la lunette, paraissent sous un angle beaucoup plus grand qu'à l'œil nu : on appelle *grossissement* cet agrandissement. L'espace que l'on aperçoit à travers le système entier des verres est circulaire, et s'appelle le *champ de la lunette* : cet espace

est mesuré par l'angle d'agrandissement. Enfin on appelle *clarté* de la lunette, l'intensité de lumière avec laquelle on voit les objets; et *netteté*, la précision avec laquelle paraît chaque point visible.

Les *lunettes de spectacle* ou les *lorgnettes* (1) sont, après les lunettes ordinaires, l'instrument d'optique le plus simple. Comme elles sont destinées à ne regarder que les objets placés à une distance très-bornée, il n'entre dans leur composition que deux verres : un objectif qui est convexe, et un oculaire qui est concave. Ces verres doivent être disposés de manière que le foyer postérieur de l'objectif coïncide avec le foyer postérieur du verre concave; au moyen de cette disposition, l'objet paraît grossi dans le rapport de la distance du foyer de l'objectif à celui de l'oculaire : ainsi, cette distance étant, par exemple, de dix pouces, la lunette grossira deux fois.

Le verre AB (fig. 67) est l'objectif convexe, CD l'objet que l'on observe, E l'endroit où les rayons viendraient se réunir et se croiser, FG l'oculaire qui maintient les rayons parallèles, et conserve l'apparence du grossissement ou du rapprochement.

On fait coïncider les foyers des verres en al-

(1) C'est la lunette *Batavique*, la lunette de *Galilée*, la première lunette inventée en Hollande, il y a environ deux siècles (1609).

longeant ou en raccourcissant le tuyau, ou en le faisant glisser sur une hélice, d'après l'ingénieuse invention de Lemière.

Les lunettes terrestres sont composées d'un objectif convexe et de trois oculaires égaux. Il y a coïncidence entre le foyer de l'objectif et le foyer antérieur du premier oculaire, et entre les foyers des trois oculaires.

La lunette *astronomique*, appelée ainsi parce qu'elle sert fréquemment aux observations des astronomes, est composée de deux verres convexes, disposés de manière que le foyer postérieur de l'objectif et le foyer antérieur de l'oculaire coïncident. On observe par une petite ouverture éloignée de l'oculaire d'environ la distance de son foyer. Les objets vus dans cette lunette paraissent renversés, ce qui n'est point un inconvénient pour observer les astres qui sont ronds, ou des portions de figures rondes; mais on peut faire servir ces lunettes à d'autres observations, en y adaptant un oculaire terrestre.

On peut faire des lunettes très-longues et d'un diamètre plus ou moins grand. Il y en a à l'Observatoire de Paris, de 12, 15, 20 et 30 pieds. La lunette de M. Lerebours, le plus bel instrument d'optique qui existe dans ce genre, a un objectif de 7 pouces. M. Cauchois a construit une lunette dont l'objectif en a près de 12. Huyghens en avait une de 123 pieds, et Hevélius une de 140: mais ces lunettes, qui produisaient beaucoup

d'effet, étaient d'un usage très-difficile; il fallait des charpentes pour les soutenir, et des bâtimens très-étendus pour les conserver. On y a tout-à-fait renoncé.

Tout le mécanisme des lunettes, la grandeur des verres, leur pouvoir réfringent, leur coupe, leur placement, leurs rapports entre eux, etc.; le diamètre du tube et son étendue; toutes ces choses sont susceptibles des déterminations mathématiques les plus précises, et doivent être soumises aux calculs et aux mesures les plus rigoureuses. Les verres d'une grande étendue doivent être achromatiques. Les réfractions prismatiques et les iris, occasionées par les verres ordinaires, nécessitaient l'emploi des diaphragmes, qui, en ne laissant parvenir à l'oculaire que les rayons les plus régulièrement réfractés, diminuaient l'étendue du champ de la lunette, et lui ôtaient une partie de sa clarté.

## *Télescopes.*

C'est pour remédier aux inconvéniens des longues lunettes que l'on imagina le télescope, instrument au moyen duquel ont été faites les plus grandes découvertes astronomiques, et qui a été perfectionné par ceux mêmes dont le nom se rattache à ces découvertes mémorables : Galilée, Kepler, Descartes, Huyghens, Grégory, Newton et Herschell.

Il y a plusieurs sortes de télescopes qui se distinguent par la forme de leurs miroirs, et par la manière dont la lumière est réfléchie. Dans ces instrumens, les corps viennent se peindre sur un miroir métallique, soit concave, soit convexe, placé au fond du tube du télescope, dont la longueur est égale à la distance focale.

Dans le télescope *newtonien*, appelé ainsi parce qu'il a été modifié par Newton, l'image vient se peindre sur le miroir concave, se réfléchit dans un miroir plan placé à l'axe du tube, et faisant avec cet axe un angle de 45°; et, par ce dernier miroir, à travers une lentille de grossissement dont l'axe est perpendiculaire à celui du tube. Le télescope d'*Herschell* n'est qu'une légère modification de celui de Newton.

Le télescope de Grégory (68) est composé d'un tube TTTT, au fond duquel est le miroir métallique concave MM; L est un petit miroir légèrement concave, soutenu sur une branche métallique avec laquelle on l'éloigne ou on le rapproche, au moyen d'une vis de rappel. L'image des corps qui viennent se peindre dans le miroir concave MM, réfléchie dans le petit miroir L, est aperçue à travers une petite ouverture pratiquée au centre du grand miroir, et à laquelle aboutit un tube N qui renferme deux oculaires. Les images sont vues, au moyen de cet instrument d'optique, dans une situation droite; ainsi

on peut l'employer dans les observations des objets terrestres.

Les télescopes ont long-temps servi aux observations astronomiques. On donne la préférence aujourd'hui aux lunettes dioptriques, qui n'amplifient pas ou ne grossissent pas autant, mais qui font voir l'objet avec bien plus de clarté et de netteté. Le télescope ne fait voir d'ailleurs que l'image de l'objet observé, tandis qu'au moyen de la lunette, la vue se porte sur l'objet lui-même.

Avec un télescope de 3 à 4 pieds, et du diamètre de 4 à 5 pouces, on distingue parfaitement ce qu'il y a de plus remarquable dans le soleil et dans les planètes. Les taches, les macules du soleil y sont très-apparentes; on voit très-bien leur noyau, leur atmosphère, et l'on reconnaît leur mouvement d'occident en orient. En observant la lune, on aperçoit à sa surface des inégalités considérables, partie éclairées, partie obscurcies par des ombres, d'immenses cavités, de vastes plaines; et sur les bords des phases, des points brillans répondant aux sommets des montagnes qui couvrent ce satellite, et qui commencent à être éclairées. Mercure et Vénus présentent au télescope des phases comme celles de la lune. Vénus laisse apercevoir des taches et des inégalités que l'on présume être aussi des montagnes.

Jupiter, vu au télescope, paraît aussi grand que la lune dans son plein, quand elle est près

du zénith. On y distingue fort bien deux larges bandes qui enveloppent cette planète parallèlement à son équateur, et l'aplatissement de ses pôles. On voit encore très-distinctement les quatre lunes ou satellites qui accompagnent Jupiter.

Saturne paraît, au télescope, enveloppé ou entouré d'un anneau de forme elliptique, dont les parties latérales ressemblent à deux anses. Au moyen de très-grands télescopes, cet anneau paraît formé de plusieurs autres anneaux concentriques, séparés par des espaces vides. Ses phases varient suivant sa position dans le ciel. Quand Saturne parcourt les signes du sagittaire et des gémeaux, les anses ont la forme elliptique : elles sont alors très-apparentes et très-brillantes; c'est ainsi qu'on les voit maintenant. Saturne se trouvant dans les pieds des gémeaux, dans les signes du capricorne, du cancer, du taureau et du scorpion, les anses de l'anneau sont arrondies; dans les signes du verseau, du lion, du belier et de la balance, les anses sont rondes, et paraissent un peu séparées du corps de la planète. Enfin, quand on l'observe dans les signes des poissons et de la vierge, l'anneau disparaît, et ne laisse découvrir, au moyen des plus forts télescopes, qu'une tranche mince que l'on évalue à deux secondes. C'est aussi avec le secours des plus forts instrumens d'optique que l'on distingue les sept lunes ou satellites de Saturne.

Combien s'agrandit cette scène majestueuse quand on parcourt l'espace étendu des cieux avec un télescope tel que celui dont s'est servi Herschell dans ses importantes recherches astronomiques ! Ce télescope monstrueux, construit par cet homme de génie, avait quarante pieds de longueur; son pouvoir amplifiant était de près de 400 fois. Herschell aperçut des myriades d'étoiles au-delà des bornes qui avaient toujours arrêté, avant lui, l'œil de l'observateur: au-delà sont encore d'autres mondes. L'infini ne peut arrêter la pensée (1).

## *Loupes et Microscopes.*

Les loupes ou les lentilles sont les plus simples instrumens de grossissement: plus leur foyer est court, et plus leur pouvoir amplifiant est considérable. Ainsi un de ces verres dont le foyer est de six lignes, grossira 16 fois l'un des diamètres de l'objet; s'il n'avait qu'une ligne de foyer, il le grossirait 96 fois. Ainsi un globule de verre dont le foyer dépasse à peine son diamètre, grossit énormément les objets. Ces moyens de grossissement, si simples, se rencontrent communément, et sont d'une observation facile; et l'on a raison d'être étonné que la découverte des lunettes et de toute l'optique com-

(1) V. un précis intéressant des observations d'Herschell, dans l'ouvrage intitulé, *Astronomie en 22 leçons.*

posée ne date que de cinq à six siècles. Remplissez d'eau une petite fiole de verre blanc, regardez une mouche ou tout autre insecte à travers, ils vous paraîtront considérablement grossis. Toute la dioptrique est dans cette expérience; elle était connue de Sénèque (1), et treize siècles se sont écoulés entre cet écrivain et la découverte des premiers instrumens de réfraction. Un instrument d'optique propre aux observations des plus petits objets, n'a pas besoin d'être plus composé : prenez un globule de verre bien arrondi et bien pur, placez-le entre deux lames de cuivre, percées chacune d'un trou rond, et entre ces deux trous; voilà un instrument propre à une foule d'observations, et c'est le seul dont s'est servi le célèbre physicien Leuvenhoeck.

Le microscope d'eau de Gray est encore plus simple : on fait avec une grosse aiguille un trou bien rond dans une lame de plomb qui n'a pas plus d'un sixième de ligne d'épaisseur; on fait tomber dans ce trou, avec la pointe d'une plume, une petite goutte d'eau qui en remplit exactement le diamètre. Un instrument si simple grossit beaucoup : une goutte d'eau d'une demi-ligne de diamètre fera paraître les objets près de 130 fois plus grands qu'ils ne sont.

(1) *Litteræ, quamvis minutæ et obscuræ, per vitream pilam aquâ majores clarioresque cernuntur.* SÉNÈQUE, questions naturelles, lib. I, cap. VI.

On se sert de loupes pour observer les objets qui n'exigent pas d'instrument de grossissement plus composé : ordinairement il y en a deux (biloupes) ou trois (triloupes) montées sur le même manche, et dont les lentilles sont plus fortes les unes que les autres. On ne peut pas étudier l'histoire naturelle, principalement les organes des plantes, sans faire usage de ces instrumens.

Les rayons solaires deviennent convergens en traversant les verres lenticulaires, et se réunissant en un seul point, foyer d'une vive lumière et d'une très-grande chaleur, si l'on y présente la main, on éprouve de suite une forte brûlure; un morceau d'amadou, de linge, de papier bien sec, de la poudre à canon, s'y enflamment sur-le-champ : la main plongée dans l'eau froide ressent avec la même intensité l'action de ce faisceau de rayons lumineux.

Toute lentille convexe et d'un foyer très-court est un *microscope*. Les microscopes les plus simples et les plus petits n'ont qu'une lentille enchâssée dans deux lames de métal, ou dans un tube de cuivre ou d'ébène. On fait des microscopes un peu plus composés, à une, deux ou trois lentilles, accompagnés d'un miroir réflecteur et d'un porte-objet.

La confusion produite par les aberrations, lorsqu'on emploie des verres à court foyer, limite beaucoup l'usage des microscopes simples, ou

des microscopes-loupes. C'est ce qui a fait imaginer, mais bien postérieurement (en 1621) à l'invention des premiers, les microscopes composés : ils sont formés d'un assemblage de verres convexes et de verres intermédiaires que l'on peut supprimer dans le microscope achromatique d'Euler, perfectionné par M. V. Chevalier (1).

Dans le microscope composé, on place l'objet AB, qu'on veut observer, un peu au-delà de l'objectif (fig. 69); les rayons qui en partent, au lieu d'aller en CD, arrêtés par la lentille intermédiaire, vont en E F. Cette image, objet de la vision, regardée avec une loupe I qui sert d'oculaire, paraît considérablement amplifiée en GH. On éclaire l'objet que l'on observe au moyen du miroir réflecteur concave : car la lumière est tellement affaiblie après avoir traversé les lentilles, que sans ce miroir il serait difficile de l'apercevoir. Plus les lentilles sont petites, plus leur foyer est court, et plus les objets paraissent amplifiés : mais on observe difficilement avec ces lentilles à court foyer; on ne doit s'en servir que bien rarement; elles fatiguent d'ailleurs considérablement la vue.

Au moyen du microscope, un monde nouveau

(1) On croyait impossible d'achromatiser des lentilles d'un très-court foyer; M. V. Chevalier est parvenu à la solution de ce problème : j'ai vu chez lui des lentilles achromatisées qui n'avaient pas cinq lignes de foyer.

se présente aux yeux et à l'observation des naturalistes : une moisissure ressemble à une forêt de plantes ; le pollen de certaines fleurs a de petites bombes qui se gonflent et éclatent ; la moelle et l'écorce paraissent être une réunion de lames et de fibres criblées de pores de toutes grandeurs et de beaucoup de formes différentes. Plusieurs plantes aquatiques, de la famille des conferves, offrent à l'examen du microscope des tubes où se balancent et oscillent des fluides. Les mousses, les champignons, les lichens paraissent couverts de poussière en forme de graines, et qui servent sans doute à reproduire ces singulières plantes, dont le mode de génération est encore ignoré.

Parmi les insectes, le ciron, qui habite la croûte altérée des fromages, et qui ne paraît qu'un point obscur, paraît, vu au microscope, un animal très-gros et couvert de longs poils qui lui donnent quelque ressemblance avec un ours. Une puce paraît avec de longues jambes toutes velues ; son corps est cuirassé comme la queue d'un homard. On distingue à travers l'enveloppe transparente du pou, ses intestins, ses organes génitaux, ses ovaires, ses œufs, les mouvemens du cœur, et la circulation d'une sérosité blanchâtre dans les vaisseaux ; enfin son suçoir, 700 fois plus délié qu'un cheveu, et qui est renfermé dans une gaîne. La mouche paraît couverte de lames brillantes qui reflètent des

couleurs métalliques; ses ailes sont un réseau d'écaille transparente, traversée de veines noires; ses pates sont armées de forts crochets; sa tête est ornée de deux yeux, dont chacun ressemble à un miroir à facettes. Hooke a compté 14,000 de ces facettes sur les yeux d'un bourdon, et 25,000 sur ceux de la mouche dragon; au milieu de chaque facette on distingue une tache sept fois plus petite, et environnée de trois cercles.

Les liquides qui fermentent ou qui se putréfient, quelques humeurs qui circulent dans l'homme et les animaux, sont remplis d'animalcules infiniment petits, et qui ne peuvent être aperçus qu'au moyen du microscope.

L'eau dans laquelle on a fait infuser du foin, de la paille, ou du froment, pendant un ou deux jours, contient alors une foule innombrable d'animalcules ronds, ovales, vésiculaires, qui ont soit un mouvement de progression, soit un mouvement de tournoiement sur eux-mêmes, qu'ils exécutent plus de cent fois par minute. Les *volvox*, les *brachions*, les *vorticelles* appartiennent à cette série. L'eau dans laquelle on a fait infuser du poivre présente à l'observateur des animaux qui ont une infinité de pieds et de longues soies; les uns ont une queue droite, les autres une queue en zigzag.

Dans le vinaigre et dans la farine aigrie, on voit des espèces d'anguilles qui sont dans un mouvement continuel.

Leuwenhoeck, dont le nom rappelle, avec ceux de Néedam, de Buffon et de Spallanzani, les découvertes microscopiques les plus intéressantes, a observé dans la matière gluante qui s'attache aux gouttières, et qui provient de la poussière qui couvre les toits pendant l'été, des animalcules qui paraissent avoir quatre roues qui tournent comme sous un essieu; ce qui leur a fait donner le nom de *rotifères* ou porte-roues.

Parmi les découvertes microscopiques, il n'en est pas qui ait plus excité la curiosité et l'attention des naturalistes, que celle des animalcules trouvés par Leuwenhoeck et Néedam dans la semence séminale de l'homme, puis dans celle de la plupart des animaux : animalcules d'une forme ronde ou oblongue, munis de queues, et qui se meuvent continuellement. Ces *animalcules spermatiques* sont d'une très-grande petitesse; elle est telle, dans certaines espèces, que cinq à six cent mille n'égaleraient pas un grain de pavot. Leuwenhoeck fait voir que dans la laite d'un merlan il y a un plus grand nombre d'animalcules spermatiques qu'il n'y a d'hommes sur la terre.

Le sang paraît, au microscope, composé de globules d'une si grande ténuité, qu'il en faudrait plus de 150, rangés à côté l'un de l'autre, pour égaler une ligne en longueur. Cependant ces globules rencontrent des vaisseaux d'un plus petit diamètre, et n'y circulent qu'en prenant

une forme ovale ; ils ne pénètrent même dans les capillaires de la peau que dans les circonstances d'une extrême inflammation ou d'un extrême relâchement, et occasionent ainsi les ecchymoses et les sueurs de sang.

Les minéraux, observés au microscope, présentent presque tous des cristallisations régulières, ou des fragmens de cristaux que quelques circonstances ont altérés. Le grain de sable le plus petit paraît presque toujours, sous la lentille, un cristal régulier et transparent ; les fragmens des cristaux ont une forme primitive et génératrice que la plus extrême division ne peut détruire. J'ai observé avec les plus fortes lentilles les fragmens les plus déliés du sulfate de chaux cristallisé ( gypse ). J'ai vu des cristaux en parallélogrammes obliquangles le plus constamment réguliers. Les métaux présentent ainsi un assemblage de cristaux très-serrés : ce caractère est surtout apparent dans les fragmens brisés du fer, de l'antimoine, du zinc et de l'étain. Si l'on verse sur un peu de limaille de ces différens métaux une goutte d'acide nitrique affaibli, en soumettant ce mélange à la lentille du microscope, on verra, dans la combinaison de ces deux substances, se former des cristaux de sulfate de fer, de zinc, etc., qui, en s'accolant les uns aux autres, imitent les foliations de la glace sur les vitres, ou les dendrites des agates herborisées.

## *Microscope solaire.*

Lieberkuyn, de l'académie de Berlin, inventa ce microscope en 1740. Voici la manière la plus simple de le construire : faites au volet d'une fenêtre un trou rond d'environ 3 pouces de diamètre ; adaptez-y un verre lenticulaire d'environ douze pouces de large et d'une forte convexité; placez en dedans du premier verre un tuyau terminé par une coulisse ou rainure, servant à porter deux lames de tôle ou de verre fort minces, entre lesquelles on place et l'on maintient avec un peu d'eau de gomme les objets que l'on veut observer. Dans ce tuyau, faites-en glisser un autre qui porte à son extrémité extérieure une lentille d'un court foyer : quand les rayons du soleil pénètrent à travers l'objectif ou la première lentille, ils forment un cône de lumière qui éclaire fortement les objets placés entre les deux lames transparentes, lesquelles se trouvent au foyer de la seconde lentille; celle-ci réfracte les rayons qui en viennent en un grand cône de lumière, qui va se peindre sur un carton blanc ou une toile que l'on place verticalement vis-à-vis. On approche ou on éloigne de la première lentille le porte-objet, au moyen d'un tuyau mobile et d'une vis de rappel. On reçoit les rayons du soleil directement ou indirectement, en les réfléchissant sur

l'objectif du microscope, et parallèlement à ses tuyaux, au moyen d'un miroir métallique. Un mécanisme particulier incline ce miroir de manière à pouvoir suivre les mouvemens du soleil.

Le microscope solaire, dont le mécanisme a beaucoup de ressemblance avec celui de la lanterne magique, fait, comme ce dernier instrument, paraître les objets très-grossis. Dans ce microscope une puce paraît aussi grosse qu'un mouton, un cheveu est de la grosseur d'un bâton : on l'aperçoit sensiblement creux. La poussière des ailes de papillon y ressemble à des fleurs d'œillet ; les anguilles de vinaigre y ont l'air de serpens; les veines qui se trouvent dans la queue du lézard offrent l'image d'une grande carte géographique traversée par des rivières et des ruisseaux, dont le sang en circulant imite le mouvement de l'eau.

Le microscope solaire a l'avantage d'amplifier ou de grossir les objets plus que tout autre instrument de dioptrique ; mais il a le très-grand inconvénient de désorganiser et de brûler dans un instant les substances animales ou végétales que l'on approche trop du foyer de la lentille extérieure, dans l'intention d'obtenir beaucoup de lumière et une image bien nette et bien éclairée. Un physicien anglais avait proposé, pour parer à cet inconvénient, de remplacer la lumière solaire par celle de plusieurs

lampes; je crois que l'on y réussirait, si l'on reflétait leur lumière au moyen d'un foyer parabolique, tel que celui que M. V. Chevalier adapte à la fantasmagorie.

## *Lanterne magique.*

La lanterne magique, dont on attribue l'invention au père Kircher, consiste en une boîte de fer-blanc *ABCD* (fig. 70) d'environ un pied en tous sens. On place au fond un miroir métallique concave ou réflecteur *EF*, lequel a à son foyer une lampe: 1k est un verre lenticulaire de la plus grande force, et NP un autre verre qui transmet l'image amplifiée sur une toile placée verticalement à quelques pieds de la lanterne. Quand la lentille n'est point achromatique, on y adapte un diaphragme qui ne laisse passer que les rayons les plus nets. Au devant de la lentille 1k on introduit des lames de verre sur lesquelles sont peints en couleurs transparentes des sujets variés, dont l'image va se peindre en R S. L'expérience de la lanterne magique doit être faite dans une pièce obscure; les spectateurs doivent se placer derrière la lanterne, et en face la toile où vont se peindre les objets. La lentille doit être placée dans un tuyau mobile que l'on avance ou que l'on recule au moyen d'une crémaillère pour faire coïncider les foyers.

### *Fantasmagorie.*

De toutes les illusions de l'optique, il n'y en a pas de plus surprenantes que celles que produit la fantasmagorie. Le père Kircher paraît en avoir conçu l'idée, puisqu'il assure que l'on peut, par le jeu des miroirs convexes et concaves, faire paraître des spectres et des fantômes capables d'épouvanter les esprits faibles : l'appareil fantasmagorique n'est d'ailleurs qu'une modification de la lanterne magique, dont ce savant jésuite est l'inventeur. La boîte à fantasmagorie est de la même forme et de la même dimension que la boîte à lanterne magique, et renferme la même combinaison de vèrres, et les objets sont également peints sur verre; mais ces verres sont noircis, et ne sont transparens qu'à la place des figures peintes : leur image doit être réfléchie sur une toile fine et gommée, étendue sur un châssis ; et les spectateurs sont placés vis-à-vis, dans une chambre noire où ne pénètre aucune lumière. Si l'objet vient se peindre sous la grandeur RS (fig. 70), cette grandeur diminuera avec celle de l'angle en approchant l'appareil du châssis : à quelques pouces, elle n'aura plus qu'une petite dimension ; mais alors l'image sera confuse. On parviendra à lui rendre sa netteté en écartant la lentille au moyen d'une crémaillère à mouvemens fort doux. Pendant que cette

image s'amoindrit par le jeu de la lanterne et des verres, les spectateurs croient qu'elle s'éloigne. Si on l'agrandit graduellement par le rapprochement de la lanterne et le rapprochement des verres, l'image ou l'objet en vue paraît se rapprocher et s'agrandir. Dans ces divers mouvemens de la figure, l'illusion est complète, et d'autant plus que les représentations de fantômes et d'objets lugubres offerts dans ces expériences, sont accompagnées de soupirs, de lamentations et d'une musique à sons plaintifs. J'ai vu plusieurs fois, chez MM. Comte et Robertson, des personnes épouvantées quitter le spectacle : un paysan, à la vue d'un *fantôme courant*, poussa des hurlemens si épouvantables, que le physicien fut obligé de suspendre ses expériences; la terreur s'était répandue dans l'assemblée, qui crut voir la réalité dans une vaine image. Quand l'appareil est bien disposé, quand on n'entend aucun bruit, et que tous ces mouvemens s'exécutent au moyen de roues garnies de draps ou de tout autre tissu mou, on croit réellement voir s'avancer, tantôt des spectres, tantôt des monstres ou des bêtes féroces, que l'on met en jeu au moyen de ressorts qui leur font ouvrir la bouche, remuer les bras ou les jambes, etc. Dans les représentations où il convient que la scène se passe dans une forêt, au milieu d'un paysage, ou d'un palais, ou d'un temple, on se sert en même temps de la lanterne

magique et de l'appareil fantasmagorique ; on les combine et on les dispose de manière que la lanterne magique représente la décoration, et l'appareil fantasmagorique les personnages en action. Ces deux instrumens doivent être placés un peu obliquement à la toile, et faire avec elle un angle un peu ouvert, afin que les rayons ne se nuisent pas mutuellement.

Le *fantôme courant* est une espèce de jeu ou d'expérience fantasmagorique dont on se sert ordinairement pour préparer les spectateurs aux scènes d'effroi d'un grand appareil. On fait un masque de cire représentant la figure pâle et décharnée d'une personne morte, ou la figure d'un spectre ou d'un démon armé de cornes. On place cette figure devant une lanterne sourde, et on l'éclaire en ouvrant une porte ou châssis au moyen d'une ficelle; quand on lâche la ficelle la porte se ferme brusquement au moyen d'un ressort. On promène ces fantômes dans la salle, en les plaçant au bout d'une canne : ils paraissent et disparaissent subitement, et semblent vous toucher et venir affronter vos regards.

On donne le nom de *fantascope* à l'appareil fantasmagorique qui fait voir les objets transparens : tel est celui que je viens de décrire. On donne le nom de *stéréoscope* à un autre appareil qui n'est qu'une modification du premier, et qui sert à faire voir les corps opaques : pour cela on remplace le tuyau de l'appareil fantascope par un

autre tuyau de tôle noirci à l'intérieur, et dans lequel on enchâsse une lentille du plus grand diamètre possible et d'un foyer très-court. On garnit l'extrémité de ce même tuyau d'un diaphragme de carton dont le diamètre est calculé sur le foyer du verre; on place dans l'intérieur, et au milieu de la boîte, une statue ou tout autre objet opaque; on dispose les distances du foyer, et on obtient alors une image pure et nette, et considérablement amplifiée. On peut, pour compléter l'illusion, donner du mouvement à ces objets, et les mettre en scène. Le fameux tombeau de Robertson, ouvert par un squelette que foudroie le tonnerre, est un stéréoscope qui fait la plus forte impression sur les spectateurs.

*Ombres blanches, ou danse des sorciers.*

Faites faire une caisse de dix à douze pieds de longueur, sur trois ou quatre pieds d'ouverture carrée; collez à l'un des bouts de cette boîte un carton dans lequel vous pratiquerez plusieurs ouvertures à deux ou trois pouces de distance, en sorte que ce carton ressemble à un vitrage; placez dans chaque ouverture une figure grotesque découpée à jour, et recouvrez chaque ouverture d'un petit morceau de drap noir ou d'un petit rideau; introduisez dans l'autre bout de la caisse une tringle de bois garnie de bobèches et de bougies: si vous allumez une seule de

ces bougies, et que vous découvriez une seule figure, vous aurez une seule image; si vous allumez deux bougies, vous aurez deux images; trois bougies, vous en aurez trois, et ainsi de suite; chaque carré découvert, chaque nouvelle bougie allumée vous offrira la même multiplication. Indépendamment de cette illusion, vous ferez paraître ces fantômes plus petits ou plus grands, en reculant ou en approchant horizontalement la tringle chargée de bougies; les images iront se peindre sur un rideau blanc ou un châssis placé à quelque distance de la boîte, que l'on doit poser sur une table, à une hauteur convenable : on complète l'illusion en donnant du mouvement aux petites figures.

Les *ombres chinoises* ne sont qu'une modification de l'expérience d'optique que je viens de rapporter. On colle sur l'ouverture d'une cloison une gaze d'Italie blanche et vernie avec le copal; on fait paraître sur cette gaze des figures d'hommes et d'animaux découpées en carton, et dont on fait mouvoir les membres avec des fils. Ces figures ne peuvent être vues que de profil : il faut beaucoup d'adresse et d'habitude quand on en met plusieurs en scène, et qu'on leur fait jouer des rôles. Les ombres de M. Séraphin ont, sous tous les rapports, une réputation qui, depuis près d'un demi-siècle, fait courir toutes les bonnes et tous les petits enfans.

### *Lanterne magique sur la fumée.*

L'image formée dans l'appareil de la lanterne magique ou du fantascope, dirigée sur une colonne de fumée, s'y peint sans changer ni de forme ni de couleurs. On produit cette fumée au moyen de la liqueur fumante de Libavius ( muriate d'étain fumant ) (1). Cette expérience produit une illusion extraordinaire, si l'on en cache la cause, en masquant la lanterne, et en dirigeant par réflexion, au moyen d'un miroir plan, l'image sur la nappe de fumée, comme on le fait voir à la figure 71. Si, au moyen d'un fil, on élève et l'on abaisse l'objet placé dans l'appareil, son image s'élèvera et s'abaissera également dans la colonne de fumée. Si l'objet représenté est un spectre, il semblera tantôt s'élever dans la fumée, tantôt disparaître dans le piédestal.

### *Chambre noire ou chambre obscure.*

Fermez exactement les volets d'une chambre, de manière à n'y laisser pénétrer de lumière que par un petit trou pratiqué dans un des volets, et vis-à-vis une place publique ou un passage ; tendez contre le mur opposé un carton ou une toile blanche, alors les objets exté-

(1) V. *La Chimie récréative.*

rieurs se peindront dans l'intérieur de la chambre avec leurs couleurs, mais dans une situation renversée. Cette expérience est plus correcte, si l'on adapte au trou du volet, en lui donnant quelques pouces de diamètre, un tuyau qui porte à son extrémité antérieure un verre lenticulaire de quatre à cinq pieds de foyer. A cette distance du foyer du verre, les images des objets extérieurs viendront se peindre avec une si grande pureté, que l'on distinguera les traits des personnages. On remédie au renversement de l'image, en plaçant, vers la moitié de la distance du foyer du verre, un miroir plan sous l'angle de 45°, et qui réfléchit vers le bas les rayons venant de la lentille. La figure 72 représente ce mécanisme : AB est l'objet extérieur, C la lentille placée dans le volet, DE l'objet peint renversé, FG le miroir plan, HI l'image renvoyée par lui dans une situation droite.

On rend cet appareil portatif, en formant, au moyen de quatre piliers, une cage pyramidale (fig. 73) fermée partout, et sur une de ses faces seulement, par un rideau qui couvre la baie dans laquelle on passe la tête et les bras. L'appareil optique est placé au-dessus de la chambre portative; l'objet A B vient se peindre et se réfléchir dans le miroir plan C D, et qui est dans une situation oblique; les rayons de cette image passent à travers la lentille E, et tombent en F G.

Quand on se sert de la chambre obscure, il faut avoir plusieurs verres de rechange pour proportionner les distances focales à l'éloignement des objets. Le verre lenticulaire doit être placé dans un tube à tirage que l'on puisse hausser et baisser jusqu'à ce qu'on obtienne une image pure, et que l'on puisse tourner vers tous les points de l'horizon.

M. Vincent Chevalier a remplacé l'appareil optique que je viens de décrire, par un seul prisme triangulaire. ABC ( fig. 74 ) représente la base de ce prisme; sa face CB est façonnée en segment sphérique; les deux autres sont droites : la grande face AB est inclinée de 45° sur la face AC; les rayons lumineux entrent par la face BC, qui tient lieu de verre convergent, se réfléchissent en AB, sortent en se croisant, et se projettent sur une feuille horizontale placée en XX. Le prisme doit être situé horizontalement suivant sa face AC, et retenu ainsi dans une monture mobile; la face réfléchissante AB doit être couverte d'un papier blanc que l'on retient par une lame de cuivre, afin d'empêcher la lumière incidente de sortir du prisme. Cet appareil est très-avantageux, il est simple et peu sujet à se briser; il fait éviter les doubles réflexions, et peint les images bien plus nettes.

La chambre noire n'est pas seulement un amusement optique, elle sert encore à dessiner

des perspectives avec une justesse et une rapidité surprenantes : c'est un instrument particulièrement utile aux voyageurs qui ne peuvent s'arrêter que quelques heures au milieu des sites qui les charment, et qui veulent cependant en avoir des esquisses (1).

### *Chambre claire, ou camera lucida.*

La chambre claire, inventée par le physicien anglais Wollaston, et perfectionnée par Amici, autre savant italien, est un instrument optique qui a la faculté de transporter l'image d'un objet sur un papier, avec les dimensions qu'on juge à propos de lui donner, avec ses dimensions et ses couleurs, de sorte que l'on peut en faire de suite une copie fidèle. En voici la construction et le mécanisme.

Faites faire un prisme de cristal ABCD (pl. 76) dont l'un des angles B est droit, et l'angle C opposé obtus. La face AB est située horizontalement, la face BD est verticale. Le prisme disposé ainsi, les rayons émanés de l'objet éloigné Q pénètreront dans le verre, suivant la direction ac, bd, se réfléchiront deux fois à leur rencontre avec les faces DC, CA, de manière à sortir de la face horizontale AB, suivant les directions convergentes vers O, où l'œil placé

(1) M. Kruines, opticien à Paris, a rendu cet instrument portatif, au moyen d'un appareil aussi simple qu'ingénieux.

verra l'objet Q comme s'il était en P, suivant les lignes a'O, b'O. L'œil qui regarde l'objet réfléchi par le prisme, doit se placer de manière qu'une partie de la pupille déborde l'instrument, afin de pouvoir distinguer l'image P projetée sur un carton posé horizontalement, et de pouvoir en dessiner les contours. Sur la face AB du prisme est placée une lame de cuivre, percée d'un trou rond d'environ une ligne à une ligne et demie de diamètre : c'est là que l'observateur place l'œil, et que tous les objets mis en face du prisme se présentent à ses regards, peints sans aucune frange. Deux cercles sont adaptés au prisme, et forment entre eux un angle droit : l'un, que l'on peut, au moyen d'une charnière, relever vers la face intérieure et l'y appliquer, est garni d'un verre concave; l'autre, qui se relève horizontalement au-dessous du prisme, porte un verre convexe. C'est de la combinaison des foyers de ces verres que résulte le plus ou moins de clarté des objets; le second corrige le trop grand raccourcissement que le seul verre concave leur ferait subir.

L'appareil entier est monté sur un pied, et garni de pivots et de charnières qui rendent faciles toutes les positions qu'on veut lui faire prendre. La figure 75 montre l'instrument tout entier.

Les objets se peignent dans la chambre claire de différentes grandeurs, relativement à leur distance de l'instrument : plus ils sont éloignés,

plus leur image est petite. Si l'appareil est placé à un pied du papier et à deux de l'objet, la copie est la moitié de l'original; s'il est éloigné d'un pied du papier et de trois de l'objet, la copie en est le tiers : au contraire, si l'objet est plus près de l'instrument que le papier, alors la copie est plus grande que l'original. Il résulte de ces diverses combinaisons cette proportion : la grandeur de la copie est à celle de l'original, comme la distance de l'appareil à la copie est à la distance de cet appareil à l'original.

### *Singulier effet des toiles métalliques sur la flamme.*

*Expérience.* — Prenez un morceau de toile ou de gaze métallique qui ait environ 60 à 80 ouvertures par pouce carré ; coupez horizontalement en deux, avec cette lame, la flamme d'une bougie, la partie supérieure disparaîtra, tandis que la partie inférieure conservera sa forme et son intensité. En regardant la flamme de haut en bas, à travers la toile, le centre forme une espèce de coupe obscure entourée par une couche très-mince de flamme. Dans cette expérience, une partie des fluides vaporeux qui alimentent la flamme traversent la toile métallique; mais ils ne sont plus sensibles à la vue, c'est du calorique sans lumière. Si l'on approche de cette vapeur chaude un papier allumé, la flamme reparaît ; mais les deux segmens de flamme

sont séparés par un intervalle sensible ; et la partie supérieure forme une coupe renversée, semblable à celle de la flamme inférieure.

Coupez la flamme d'une bougie avec une toile métallique ployée en deux, la flamme sera coupée en trois parties ; le segment du milieu prendra la forme d'un tube creux, à travers lequel s'élève la cire en vapeur, qui va former la flamme supérieure.

Coupez la flamme avec une lame de gaze ; présentez ensuite au-dessus un papier trempé dans l'alkool ( esprit-de-vin ), ou jetez sur le réseau métallique des grains de poudre, aucune inflammation n'aura lieu ; ce qui prouve que le réseau diminue beaucoup la chaleur du corps enflammé. On a reconnu que cette diminution est proportionnelle à la petitesse des ouvertures du tissu et à la masse du métal.

Le célèbre Davy a utilisé la propriété des tissus en toiles métalliques, en construisant une lampe qui peut, sans enflammer les gaz si dangereux des galeries des mines, éclairer les travaux des mineurs. Cette lampe est entourée d'une enveloppe cylindrique de toile métallique, d'une texture fine et serrée, et qui laisse passer une quantité suffisante de lumière pour éclairer les travailleurs, et insuffisante pour causer l'inflammation du gaz. Les toiles métalliques sont adaptées à plusieurs théâtres, pour en prévenir l'incendie.

*Expérience.* — SINGULIÈRE INCANDESCENCE DES FILS DE PLATINE. — Prenez un fil de platine d'environ un centième de pouce de diamètre; roulez-le à une de ses extrémités, que vous ferez ensuite rougir à la chandelle. Quand ce fil cessera d'être rouge, exposez-le à la vapeur de l'éther sulfurique, de l'éther phosphorique, du per-carbure de soufre, et même de l'alkool; le fil redeviendra rouge, et restera dans cet état jusqu'à l'entière évaporation du liquide volatil. Ce fil répand dans l'obscurité une lueur pâle et phosphorescente, et dégage une vapeur âcre et acide. Si l'on roule ensemble un fil d'or et de platine, le premier paraît noir entre les contours du second fil. M. Davy a obtenu la même incandescence avec la vapeur du camphre; probablement qu'on l'obtiendrait encore avec la vapeur des huiles essentielles ou volatiles, et de toutes les liqueurs volatiles et inflammables (1).

On a appliqué cette propriété du platine à la composition d'une lampe appelée *lampe sans flamme* ou *aphlogistique*. Cet instrument consiste dans un fil de platine dont on entoure la mèche d'une lampe à esprit-de-vin. Le coton étant allumé, le fil rougit à l'instant; on

(1) Les fils de fer et ceux d'autres métaux deviennent incandescens par ces vapeurs. La mèche carbonisée d'une lampe à esprit-de-vin devient souvent incandescente, et y reste plusieurs heures après l'extinction de la flamme, et tant qu'il reste un peu d'alkool.

éteint la mèche, et le fil s'entretient longtemps en incandescence par la vapeur de l'esprit. Cette lueur est faible, mais elle suffit pour voir l'heure à une montre et pour allumer de l'amadou. Une pareille lampe, ne jetant pas d'étincelles, pourrait être placée sans danger dans le voisinage des corps les plus combustibles. On dispose le fil de platine en le contournant en spirale autour d'un mandrin d'une demi-ligne de diamètre, en écartant un peu les tours, et en plaçant au centre une mèche droite et non tordue.

## *Quelques expériences relatives à la lumière.*

*Expérience.* — FLAMBEAUX QUE N'ÉTEIGNENT NI LE VENT NI LA PLUIE. — Faites bouillir de vieilles cordes dans une eau salpêtrée; roulez-les dans un mélange de soufre, de poudre à canon et d'eau-de-vie; faites-les sécher, et trempez-les dans un autre mélange de soufre, de camphre et de térébenthine, avec trois parties de résine et de cire. Réunissez plusieurs de ces cordes pour en faire une torche.

*Expérience.* — FLAMBEAUX DES FURIES. — A l'extrémité d'un morceau de bois ou de fer-blanc, auquel on donne la forme d'un flambeau, placez un tube creux, recouvert d'un opercule criblé de petits trous; au-dessus de cet appareil, attachez une éponge imbibée

d'esprit-de-vin; remplissez le tube de poudre de résine, ou mieux de poudre de lycopode; enflammez l'éponge et agitez le flambeau, il en sort une flamme vive, produite par l'inflammation de la poudre qui s'échappe du tube.

*Expérience.* — FLAMBEAU INFERNAL. — Mettez dans une seule capsule à bords très-peu élevés 3 à 4 gros de sel marin pilé, versez dessus deux à trois onces d'esprit-de-vin chaud; quand le sel sera dissous, mettez le feu au mélange, et transportez-le dans un lieu obscur, au milieu de plusieurs personnes réunies, elles paraîtront alors pâles et hideuses comme des spectres.

### *Feux, étincelles et flammes de diverses couleurs.*

Les corps, en brûlant, répandent diverses lueurs avec plus ou moins de vivacité et d'éclat, et avec plus ou moins de durée et de permanence. Ces nuances contribuent beaucoup à l'agrément des feux d'artifice : ainsi la connaissance des diverses variétés de feux est très-importante dans cet art agréable, qui est aujourd'hui de presque toutes les fêtes.

*La limaille de fer* donne, dans les pièces d'artifice, des étincelles blanches et rouges; la limaille d'acier les donne plus brillantes que celle du fer.

*La limaille de fonte*, la fonte pilée ou en copeaux, telle qu'on la trouve chez les tour-

neurs de métaux, remplace, dans presque tout l'artifice moderne, la limaille, qui est plus rare et moins pure.

*La limaille de cuivre rouge* donne des étincelles verdâtres.

*La limaille de zinc* donne des étincelles d'un beau bleu; celle d'*antimoine* donne une flamme bleue.

*Le sable jaune, mica jaune* ou *poudre d'or*, donne des étincelles jaunes d'or, et convient pour imiter les feux du soleil.

*Le noir de fumée* donne un feu très-rouge, quelquefois rose.

*Le charbon* donne des feux rouges assez brillans; les feux du charbon dur ou qui provient des bois durs (le chêne, le charme) durent plus long-temps que ceux du charbon fourni par les bois blancs et légers, tels que le tilleul, le saule, le coudrier, etc.

*Le camphre*, que l'on emploie très-peu aujourd'hui, donne une flamme blanche et brillante.

*Le chlorate de strontiane* donne une flamme d'un rouge très-vif.

### *Flammes colorées.*

*Flamme rouge-carmin.* Mettez dans une cuillère d'argent une partie d'hydro-chlorate de strontiane et trois parties d'alkool; chauffez le

mélange, et mettez-y le feu. On peut remplacer le sel de strontiane par le sulfure de mercure ou le cinabre.

*Flamme orangée.* Prenez du chlorure de calcium ( muriate de chaux calciné ) et de l'alkool ; faites l'expérience comme la précédente.

*Flamme jaune.* Trois parties de sel commun ou de nitre, mêlées avec une partie d'alkool, donnent, quand on enflamme le mélange, une flamme jaune.

*Flamme vert-émeraude.* Faites brûler de l'alkool sur du nitrate de cuivre.

*Flamme bleue.* Enflammez un mélange d'acide borique et d'alkool.

On donne à la flamme d'un foyer ou d'une cheminée une couleur verte, en y faisant brûler quelques pincées ou quelques morceaux du mélange suivant : une partie de sel ammoniac, deux parties de vert-de-gris (acétate de cuivre), et deux parties de poix blanche ; on réduit les sels en poudre, et on mêle avec la poix fondue.

On produit une flamme bleue en mêlant à la même quantité de poix une partie de vitriol bleu ( sulfate de cuivre ) calciné à blanc, et seulement une demi-partie de sel ammoniac.

Le bois de chêne-vert donne une flamme jaune.

Le feutre des chapeaux, que l'on teint avec divers oxides, brûle avec une flamme rouge et bleuâtre.

# DE L'ÉLECTRICITÉ.

Les anciens connaissaient la propriété de l'ambre jaune ou du succin (ηλεκτρον, *electrum*), d'attirer les corps légers quand il est échauffé par le frottement. Les modernes ont donné le nom d'électricité à tous les phénomènes analogues, produits par le frottement de différens corps, et ils ont appelé ces corps *électriques*.

*Expérience.* — Prenez un morceau d'ambre, un bâton de cire d'Espagne, un tube de verre, et toute autre matière analogue; frottez-les fortement avec un morceau de laine, ou avec une peau de chat passée et bien sèche : en les approchant de corps légers, tels que des barbes de plumes, des brins de paille, des petits morceaux de papier, ces corps sont attirés par eux à une distance d'autant plus grande, que les corps électrisés sont plus gros et plus chargés de matière électrique. Plusieurs de ces corps, après avoir touché le corps électrisé, s'en éloignent comme s'ils en étaient repoussés. Quand on approche ces corps du visage, on éprouve un froissement léger; quand on en approche le doigt

on entend un pétillement; et, si l'on fait cette expérience dans l'obscurité, on aperçoit une étincelle, et autour du tube une vapeur bleuâtre.

Un grand nombre de corps différens deviennent électriques par le frottement : il paraît même certain, d'après de nombreuses expériences, que tous les corps le deviennent ainsi quand ils sont isolés, et que, dans l'état contraire, ils perdent aussitôt l'électricité qu'ils reçoivent; ils sont par conséquent de très-bons conducteurs de ce fluide, comme sont les métaux en général, la paille mouillée, la plupart des liquides et l'air humide ou vaporeux. Relativement à cette faculté, on divise les corps en *conducteurs* et *non-conducteurs*. On a aussi appelé les corps conducteurs, *anélectriques*, c'est-à-dire non électriques, dans la supposition qu'ils ne s'électrisent pas par eux-mêmes, mais seulement par communication. On a nommé les corps conducteurs, *édioélectriques*, ou électriques par eux-mêmes, parce qu'ils s'électrisent par eux-mêmes ou par frottement : tels sont le verre, la résine, la soie, la graisse, le gaz et l'air sec (1). Toutes les fois qu'il y a dégagement d'électricité par le contact, la pression ou le frottement de deux corps, ces corps sont toujours constitués en des états électriques différens.

(1) Les expériences électriques réussissent bien mieux par un temps sec que par un temps humide.

*Expérience.* — Suspendez deux boules de moelle de sureau à un fil de lin, celui-ci à un fil de soie (fig. 77); touchez ces deux boules avec un tube de verre électrisé par frottement, elles s'éloigneront l'une de l'autre; après avoir tenu un instant le même tube éloigné, en le rapprochant ensuite d'une des deux boules, celle-ci s'éloigne du tube : si on lui présente un bâton de résine également électrisé, cette boule s'en approche et s'y colle. La même chose arriverait si l'on avait électrisé la petite boule avec un bâton de résine, et qu'on en approchât ensuite un tube de verre.

Les physiciens ont cru reconnaître dans ce phénomène, aussi difficile à expliquer que l'électricité elle-même, l'existence de deux principes ou fluides différens, qu'ils ont nommés : l'un, produit par le verre, *électricité vitrée* ou *positive;* l'autre, produit par la résine, *électricité résineuse* ou *négative.* Il est évident, d'après l'expérience que je viens de décrire, que deux fluides de propriétés différentes émanent des corps électrisés; que ces deux électricités se repoussent quand elles sont de même nature, et s'attirent quand elles sont de nature différente.

Il y a des substances qui produisent constamment, par le frottement, les deux électricités; mais un grand nombre d'autres substances acquièrent l'une et l'autre électricité,

vitrée ou résineuse, suivant qu'elles sont frottées avec des substances diverses.

Un verre poli, frotté avec une étoffe de laine, prend l'électricité vitrée ; s'il est frotté avec la peau d'un chat, il prend l'électricité vitrée. La soie, frottée avec de la résine, prend l'électricité résineuse ; frottée avec le verre poli, elle prend l'électricité vitrée.

On reconnaît l'espèce d'électricité dont un corps est chargé, en faisant toucher à une boule de moelle suspendue comme nous l'avons dit, un tube chargé d'une espèce d'électricité, et en lui présentant ensuite le corps de l'électricité duquel on veut connaître la nature. Si la boule a été chargée vitreusement et qu'elle soit repoussée, c'est une preuve que le corps possède le même genre d'électricité ; elle est attirée, si le corps est électrisé résineusement.

Quand on frotte deux corps de même nature ou de nature différente l'un contre l'autre, ils se chargent toujours d'électricité différente : mais les corps que l'on frotte ainsi ne se chargent pas constamment de la même espèce d'électricité. Ainsi on a remarqué que deux plaques de verre, l'une polie, l'autre dépolie, frottées l'une contre l'autre, prennent indifféremment l'une et l'autre espèce de fluide.

La sphère d'activité d'un corps électrisé s'étend tout autour de lui. Tous les corps qui sont dans la limite de cette sphère en reçoivent l'in-

fluence. Si deux corps électrisés différemment se trouvent en contact par un point de leur sphère d'activité, ils paralyseront mutuellement leur action, et ne donneront des signes d'activité que hors du rayon de cette sphère.

L'électricité se répand uniformément à la surface des corps solides, jamais elle ne les pénètre : elle se répand ainsi sur les plaques unies, à la surface d'un cylindre ou d'une sphère; elle s'accumule aux extrémités des solides elliptiques, des pyramides et des cônes : ce fluide est bien plus abondant à l'extrémité des pointes que dans toutes les autres parties.

L'électricité est retenue à la surface des corps par la pression de l'atmosphère. Dans le vide ce fluide se répand avec la plus grande facilité, et sous la forme d'une lumière blanche continue.

Les principes que je viens d'exposer suffisent à l'explication de la plupart des phénomènes et des expériences que je vais décrire.

## *Electromètre.*

L'électromètre se compose d'une tige AB, surmontée d'un demi-cercle gradué C; au centre est une tige d'ivoire D très-mince, supportant une petite balle de moelle de sureau qui pend verticalement. Quand cet instrument est posé sur un corps chargé d'électricité, le fluide, par

sa force répulsive, écarte la tige de sa direction verticale, et la fait remonter sur le cercle gradué.

L'électromètre est utile dans toutes les expériences où l'on accumule l'électricité sur les corps, et qui présentent quelque danger; il indique, comme régulateur, l'instant où il est prudent de s'arrêter (V. fig. 78).

## DES ORAGES.

Tous les phénomènes des orages, les éclairs, la foudre, etc., sont occasionés par l'électricité. Les nuages renferment ce fluide, en le soutirant à l'air et à la terre, qui en sont un immense réservoir. Les nuages chargés d'électricité de deux natures différentes, s'attirent, se rapprochent; alors les deux fluides se précipitent l'un sur l'autre, enflamment les gaz dont le nuage est rempli, et produisent les éclairs, bientôt suivis d'une explosion d'autant plus forte, que l'orage est plus près de nous, et que le sol est plus couvert et plus montueux. Un échange continuel a lieu entre l'atmosphère et la terre, toutes deux chargées d'électricité, et toutes deux bons conducteurs de ce fluide. Quand cet échange a lieu sans explosion, on aperçoit alors des éclairs fréquens à l'horizon; et l'on dit que le temps *aoûte*, expression qui indique le mois où ce phénomène a lieu le plus communément, surtout à la suite des journées orageuses. Quand

le fluide électrique est accumulé dans un nuage fort près de la terre, il s'élance alors, frappe tous les corps qu'il rencontre, et surtout les arbres, les édifices élevés et les métaux; brise, enflamme, détruit tout dans un instant; tue les hommes et les animaux, quelquefois sans laisser d'autre trace qu'une odeur d'électricité que le vulgaire appelle odeur de soufre.

Entre l'éclair et le tonnerre il s'écoule un espace de temps qui sert à mesurer la distance de la foudre, en comptant autant de fois 173 toises qu'il s'écoule de secondes entre ces deux phénomènes. Le mouvement du pouls marque ces secondes, quand on n'est pas agité par la peur.

Franklin, s'étant convaincu que la foudre n'est qu'une forte décharge électrique, conçut l'idée grande et ingénieuse de préserver de ses éclats les édifices, en plaçant sur leur faîte des barres de fer terminées en pointe, et en les faisant communiquer avec le sol par des conducteurs du même métal. Ces pointes soutirent l'électricité des nuages avec une très-grande force.

Les paratonnerres doivent être placés sur les bâtimens, et sur leurs côtés, perpendiculairement et obliquement; leur pointe doit être couverte d'une lame d'or ou de platine, pour prévenir une prompte oxidation. La sphère d'activité de cet appareil est de 30 pieds; ainsi la distance des

pointes doit être de 60 pieds. Il est excessivement rare que la foudre endommage un bâtiment préservé par des paratonnerres; cependant cela n'est pas sans exemple, et tout récemment (1819) un très-grand bâtiment près de Berne, en Suisse, garni de paratonnerres, fut dévoré par le feu du ciel. Le même accident est arrivé à Notre-Dame-de-la-Garde, près de Gênes, en 1777, et en Angleterre, près de Norvicht, en 1812. Probablement que dans ces cas rares, une extrême quantité de fluide électrique s'était accumulée sur ces bâtimens, de manière à ne pouvoir être soutirée assez abondamment pour l'empêcher de se porter ailleurs et d'y faire explosion : car, dans ces circonstances, le fluide se porte avec tant d'énergie sur les pointes, qu'il parvient à les fondre, comme j'en ai vu plusieurs exemples. J'ai observé aussi quelquefois sur les Alpes, des obélisques de granit, véritables paratonnerres naturels, sillonnés par la foudre, qui y avait laissé des traces bien manifestes de fusion de cette matière dure et réfractaire à nos fourneaux ordinaires.

Les corps élevés, les arbres, les rochers provoquent la chute de la foudre. Il ne faut jamais s'y mettre à l'abri pendant l'orage : il vaut mieux se coucher sur le chemin et se laisser mouiller; car un corps mouillé est moins atteint et moins dangereusement atteint de la foudre qu'un corps sec. Il faut aussi, quand on est

dans un appartement, intercepter les courans d'air, en fermant les portes, les croisées, et même la cheminée, quand le danger paraît imminent : l'endroit le plus sûr est une cave profonde.

Les vibrations occasionées par le son des cloches provoquent aussi la chute de la foudre ; heureusement que cette dangereuse coutume est presque partout oubliée. Une violente commotion, la décharge d'une pièce d'artillerie, ont quelquefois éloigné les orages.

L'électricité dont l'atmosphère est alors chargée, jointe à la terreur qu'occasione le bruit du tonnerre, font naître une inquiétude et une anxiété qui tourmentent les malades, et qui augmentent beaucoup les malaises des personnes dont la santé est faible. On prévient en partie les mauvais effets qui en sont la suite, par l'usage des bains tièdes, et surtout en éloignant du bruit et des éclats de la foudre, en calmant l'inquiétude par l'apparence du sang-froid et de cette tranquillité qui ne devrait jamais abandonner l'homme raisonnable et sans préjugés.

Les orages rafraîchissent l'atmosphère et l'assainissent ; sans eux les pays situés entre les tropiques seraient presqu'inhabitables, et les maladies y deviendraient plus fréquentes. Entre les tropiques, les orages sont journaliers dans la saison des pluies, et éclatent ordinairement aux heures les plus ardentes du jour. Ces pluies d'orage augmentent beaucoup la végétation. La grêle étant

très-probablement produite par l'électricité des nuages, puisqu'elle accompagne presque toujours les pluies d'orage, et qu'elle ne tombe que l'été, ce fléau de nos récoltes peut être anéanti ou détourné par des paratonnerres. Les *paragrêles*, inventés récemment par M. Lapostole, ne sont que des paratonnerres très-simples et peu dispendieux, composés de perches fixées dans le sol, terminées par des pointes de fer, et communiquant à des réservoirs au moyen de fils de laiton qui traversent et soutiennent des cordes de paille. La paille, surtout quand elle est mouillée, est un très-bon conducteur du fluide électrique. L'expérience a déjà prouvé les bons effets des paragrêles (1).

### *Divers moyens pour faire tomber la foudre.*

Le génie audacieux de l'homme commande à cet élément formidable, qui imprime la terreur à tous les êtres. Des barres de fer élevées jusqu'à cent pieds et plus, verticalement, et isolées à la base, en les faisant reposer sur un plateau de résine ou de cristal, soutireraient le fluide électrique d'un nuage orageux, au point de produire, au moyen de l'excitateur, quantité d'étincelles très-grosses et très-bruyantes, ressemblant à des jets de feu, avec un

(1) *Traité du Parafoudre et du Paragrêle.* Amiens, 1820.

teau circulaire monté sur un axe qui lui imprime, au moyen d'une manivelle, un mouvement circulaire. Cette roue frotte contre deux paires de coussins fixés aux montans qui la soutiennent dans une situation verticale. Quand on imprime à cette roue un mouvement circulaire un peu rapide, elle se charge de fluide électrique ; elle en donne des signes évidens en attirant à elle des balles de sureau et d'autres corps légers. La seconde pièce essentielle de la machine électrique est le *conducteur*. C'est un cylindre de métal dont les extrémités sont terminées en boule; une de ces extrémités porte deux branches en arc, terminées par des pointes, et que l'on tient à un ou deux pouces du verre, quand on veut les charger. Ce conducteur est supporté par une tige de cristal, ou suspendu par deux cordons de soie qui l'isolent entièrement : ces deux pièces complètent l'appareil électrique.

*Expérience.* — Chargez le conducteur, approchez-en l'excitateur, il s'en échappe aussitôt une étincelle plus ou moins forte, plus ou moins brillante; on entend en même temps un léger bruit, assez analogue à celui que font les étincelles qui s'échappent du bois en ignition. Si l'on présente le dos de la main au conducteur, on sent un vent léger qui froisse légèrement l'épiderme. Après ces deux expériences, le conducteur ne donne plus de trace d'électricité. Si

on soutire, par les mêmes moyens, l'électricité du plateau de verre, on ne l'épuise qu'à l'endroit même où l'on tire l'étincelle (1).

*Expérience.* — Si on laisse pendre une chaîne de métal ou une ficelle mouillée, du conducteur jusqu'au sol ou à la table que supporte l'appareil, il ne donnera aucun signe d'électricité, parce que le fluide s'écoule par cette voie de communication avec un corps non isolé.

*Expérience.* — Les corps obtus, mousses ou cylindriques, tirent des étincelles très-fortes et accompagnées d'éclats; les corps pointus ne soutirent que des filets, mais continus, et qui ne s'épuisent qu'après quelques minutes.

*Expérience.* — Vissez sur le conducteur un grand nombre de pointes de cuivre, en le chargeant, dans l'obscurité, vous verrez sortir de chacune de ces pointes autant d'aigrettes lumineuses.

Les pointes attirent l'électricité comme elles la dissipent, par petits courans continus, sans bruit et sans explosion : voilà pourquoi on a donné cette forme aux paratonnerres.

(1) On favorise le dégagement de l'électricité, en enduisant le cuir du frottoir d'un amalgame métallique préparé ainsi : faites chauffer jusqu'à 100 degrés, 7 parties (en poids) de mercure; faites fondre à part quatre parties de zinc et deux d'étain, versez le tout dans une boîte de planches frottées de craie, et agitez fortement jusqu'à ce que l'amalgame soit réduit en grenaille; achevez de le réduire en poudre très-fine dans un mortier; faites-en alors une pâte avec de la graisse de porc.

*Expérience.* — Le conducteur, dans les expériences précédentes, est toujours chargé vitreusement : si on eût employé un plateau de soufre ou de résine, on eût obtenu l'électricité résineuse. On charge encore le conducteur d'électricité vitrée, en isolant les frottoirs, en les faisant communiquer avec ce conducteur, au moyen d'une tige métallique, et en cessant d'isoler le plateau (1).

## ÉLECTROPHORE.

L'électrophore ( fig. 80 ) est un instrument composé de deux plateaux, auxquels on donne ordinairement un pied de diamètre ; l'un de ces plateaux est un disque de fer-blanc entouré d'un rebord en saillie d'environ un pouce : on remplit ce plateau, à plein bord, de résine, de poix, de cire d'Espagne ou de soufre ( ces diverses substances sont également convenables ) ; on appelle cette masse le *gâteau de l'électrophore.*

(1) Les circonstances où les corps acquièrent de préférence telle espèce d'électricité, dépendent de plusieurs causes qui restent souvent inconnues. Le verre et les matières vitreuses acquièrent presque toujours l'électricité vitrée; mais le verre frotté avec le poil de chat acquiert l'électricité résineuse. La résine, le soufre, la cire d'Espagne, acquièrent l'électricité résineuse par le frottement d'une matière isolante quelconque. Le verre poli s'électrise toujours vitreusement, dépoli, il s'électrise résineusement. En général les corps qui sont couverts d'aspérités ont une tendance plus marquée pour ce dernier genre d'électricité : quand on frotte un ruban blanc contre un ruban noir, le premier s'électrise vitreusement, et le second résineusement, ce qu'il faut attribuer à la matière colorante plus âpre et plus inégale du ruban noir.

Le second plateau de l'électrophore est un disque ayant environ $\frac{9}{10}$ du diamètre du gâteau, et fait avec une planche d'un bois sec et léger, ou avec plusieurs feuilles de carton collées les unes sur les autres, et que l'on recouvre d'une feuille d'étain fort mince : ce second plateau s'appelle *couvercle de l'électrophore;* on le tient par trois cordons de soie ou par un manche de verre.

On électrise cet instrument en frottant ou en frappant le premier gâteau avec une queue de renard ou avec une peau de chat bien sèche; alors il prend l'electricité résineuse. Si l'on place le couvercle sur le plateau électrisé, l'électricité se conserve long-temps, quelquefois plusieurs semaines, suivant les saisons. Ce couvercle se charge d'électricité vitrée différente de celle du plateau. Si, quand on pose ce couvercle sur ce plateau, on y joint un électromètre, à mesure que l'on approche le couvercle il donne des marques d'électricité, qui disparaissent à mesure qu'on s'en éloigne. Si l'on pose le couvercle sur le gâteau, et qu'on touche en même temps de chaque main le gâteau et le couvercle, celui-ci produit une étincelle, et perd son électricité; si on l'enlève, il reprend son électricité, et la conserve même hors de la sphère d'activité du fluide.

Si l'on présente une bouteille de Leyde aux plateaux réunis, elle se charge d'électricité rési-

neuse, si l'on en présente une autre au couvercle électrisé et isolé, elle se charge d'électricité vitrée.

On voit, par ces propriétés de l'électrophore, que cet instrument peut tenir lieu de machine électrique, et devient, pour ainsi dire, une source intarissable d'électricité, et que l'on peut obtenir sur-le-champ les deux fluides différens et isolés.

*Expérience.* — Signes de Lichtemberg. — Chargez deux bouteilles de Leyde chacune d'une électricité différente; privez entièrement le plateau d'électricité, en l'essuyant et en le frottant avec une toile de lin; tracez ensuite, avec chacun des boutons *a* (fig. 81), des lettres ou d'autres caractères, et répandez dessus, au moyen d'un tamis, une poudre composée de soufre et de minium : triturées ensemble dans un mortier, ces deux poudres, qui ont acquis, par la trituration, chacune une électricité différente, prennent sur le plateau un arrangement très-régulier en suivant le contour des lettres.

## *Bouteille de Leyde.*

La *bouteille de Leyde*, appelée ainsi, parce qu'elle fut inventée à Leyde, par Cuneus et Muschenbroeck, est une bouteille de verre ordinaire (fig. 81), que l'on couvre à l'extérieur d'une feuille d'étain, et que l'on remplit de feuilles métalliques d'or ou d'argent, et même de

limaille de fer ; on recouvre ensuite d'une couche de cire d'Espagne le col de la bouteille jusqu'à la garniture de feuille d'étain ; on introduit dans son intérieur une tige métallique terminée par une boule ou bouton *a*.

On charge la bouteille en faisant communiquer la tige métallique immédiatement, ou médiatement au moyen d'une chaîne, avec le conducteur de la machine électrique.

La bouteille de Leyde condense le fluide électrique ; l'intérieur et l'armure extérieure se chargent de deux électricités différentes. L'attraction de ces deux fluides à travers le verre, les maintient dans un état fixe ; il résulte de là que cet appareil conserve long-temps son électricité. Si on établit, au moyen d'un excitateur (fig. 82), une communication entre l'intérieur et l'extérieur de la bouteille de Leyde, les deux électricités se précipitent alors l'une vers l'autre, et il en résulte la production d'une étincelle ou d'une aigrette lumineuse et bruyante.

*Expérience.* — Si plusieurs personnes se tiennent par la main, que la première tienne la bouteille de Leyde chargée, et que la dernière touche le bouton ; aussitôt toutes éprouvent une secousse vive et douloureuse, principalement dans les articulations des bras, des poignets et des doigts. Si on a les mains mouillées, la commotion paraît plus vive : la commotion aurait encore lieu, si la communication des

qu'à un pouce de son bord, de feuilles d'étain.

*Expérience.* — BATTERIE ÉLECTRIQUE. — On donne ce nom à la réunion de plusieurs bouteilles de Leyde (fig. 83), que l'on fait toutes communiquer extérieurement en les plaçant sur une feuille d'étain, et dont on met l'intérieur en communication avec des chaînons ou des tiges métalliques qui se rendent au conducteur. On accumule beaucoup d'électricité dans cet appareil, et l'on produit ainsi les plus grands effets; aussi doit-on prendre beaucoup de précaution dans ces expériences : en voici quelques-unes :

Une lame de verre exposée à l'étincelle de décharge de la batterie, en est percée d'un très-petit trou.

Plusieurs doubles de carton, un jeu de cartes, sont également percés par l'aigrette; et, ce qui est bien remarquable, c'est que les bords ou bavures des ouvertures sont relevés des deux côtés.

Une feuille d'or ou d'argent, placée entre deux lames de glace et exposée à l'étincelle de la batterie, est brûlée, oxidée, et s'incorpore dans le verre. Brûlées sur de la toile, les lames d'or y font des taches violettes, et l'on peut par ce moyen y imprimer des fleurs ou d'autres dessins. Des fils très-fins d'or, d'argent et de fer, en communication avec la batterie, brûlent et s'oxident; le fer brûle avec

une flamme blanche, l'or avec une flamme bleuâtre, et laisse pour résidu un protoxide d'or de couleur pourpre; l'argent brûle avec une flamme verte.

Un oiseau, une souris, et tout autre petit animal, exposés à la décharge d'une forte batterie électrique, en sont foudroyés comme le sont les animaux plus grands et l'homme par la foudre des nuages. Je me souviens d'avoir vu, par l'imprudence d'un aide-préparateur, un vénérable professeur du Collége-de-France renversé par une décharge d'une batterie déjà en partie épuisée.

*Expérience.* — CHARGE PAR CASCADES. — On suspend plusieurs bouteilles l'une sous l'autre, au moyen de crochets fixés à leur base; on continue la série, et l'on attache sous la dernière une chaîne qui communique avec le sol.

Quand on charge ces bouteilles, le fluide vitré qui s'accumule sur la garniture intérieure de la première bouteille, décompose le fluide naturel de la garniture extérieure de la seconde, et ainsi successivement. Il en résulte que ces bouteilles, la première et la dernière exceptées, se chargent par l'intermède l'une de l'autre: si l'on détache la chaîne suspendue à la dernière, on pourra décharger toutes ces bouteilles en détail, en touchant le bouton de la garniture intérieure de la première, puis la garniture extérieure de la dernière; on pourra aussi les dé-

charger toutes ensemble en appliquant simultanément les mains aux mêmes endroits, et en recevant en masse le fluide électrique et la commotion qui en est l'effet.

*Jarres métalliques.* Les jarres métalliques sont des bouteilles de Leyde d'une grande dimension, et dont une seule peut remplacer la batterie, et même accumuler plus d'électricité, et faire plus d'effet. Voici ce que dit de cette formidable expérience l'auteur du *Traité des Paragrêles* : « Qu'on prenne une jarre de bon cristal, de dix-huit pouces de diamètre sur autant de profondeur ; que cette forte jarre soit armée intérieurement et extérieurement en étain ; que ces armures soient assez basses pour empêcher la jarre, parvenue à un état de plénitude, de se décharger spontanément ; qu'une excitation métallique, terminée en boule, et entrée dans un tube de cristal ouvert aux deux bouts, soit assujétie au milieu de cet appareil formidable ; qu'on dirige alors une communication de l'intérieur de cette jarre, au conducteur d'une forte machine électrique ; lorsque la jarre sera suffisamment pleine, on entendra un bruit de crépitation venant du fond : ce bruit sera l'effet du fluide déjà accumulé en excès, et qui tendra à passer de l'intérieur à l'extérieur ; mais les armures, plus basses qu'elles ne le sont ordinairement, laisseront le moyen d'accumuler une plus grande quantité de fluide électrique,

et c'est alors qu'un phénomène bien digne d'attention se fera apercevoir.

« On remarquera, sur la surface du fond de la jarre, une lumière mobile qui prendra du volume à mesure qu'on continuera d'électriser. Enfin ce phénomène électrique prendra la forme d'une boule tendant à sortir de la jarre en montant le long du tube excitateur, enveloppé d'un cylindre de verre, pour venir gagner l'armure externe; et il occasionerait infailliblement la rupture de la jarre, si on ne la déchargeait pas auparavant, en mettant en contact la boule de cet excitateur avec une chaîne qui communique à l'armure externe. Quand on décharge la jarre, le bruit que fait entendre l'explosion peut être comparé, sans exagération, à un coup de pistolet d'arçon. Si, au lieu d'opérer la décharge par la boule qui termine l'excitateur de la jarre, on présente l'excitateur au corps du tube de verre, la foudre, et l'on doit se servir de ce mot, sort avec une impétuosité épouvantable, quelquefois en perçant le tube d'un trou égal à celui d'un tuyau de plume, et d'autres fois en brisant le tube en éclats. »

Si l'on veut comparer l'effet de cette expérience avec ce qui se passe dans l'atmosphère, lorsqu'un nuage orageux lance à la terre l'électricité qu'il contient, quelle analogie n'y découvre-t-on pas ! Si un solide de dix-huit pouces cubes, occupé par la foudre, produit une explo-

sion aussi véhémente, quel sera donc l'effet d'un nuage orageux, qui a quelquefois deux lieues d'étendue en tous sens, et qui se décharge de la quantité prodigieuse du fluide électrique qu'il contient ?

On ne saurait prendre trop de précaution en répétant cette expérience, afin de prévenir l'écoulement spontané du fluide foudroyant, la rupture du vase, et surtout de graves blessures, et la mort même des assistans.

### *Quelques récréations électriques.*

*Expérience.* — Verre lumineux. — Frottez dans l'obscurité un tube de verre bien sec, avec un morceau de drap, il répandra une lueur électrique.

*Expérience.* — Papier électrique. — Chauffez fortement une feuille de papier, et placez-la sur une table; frottez-la ensuite avec un morceau de caout-chouc ou gomme élastique, alors elle se chargera d'électricité et adhérera au bois, comme si elle était mouillée; en la soulevant on entendra un léger bruit; si, dans l'obscurité, on en approche un bouton métallique, on en tirera de très-petites étincelles. Si on fait cette expérience avec deux feuilles de papier posées l'une sur l'autre, elles adhéreront : la supérieure s'électrisera positivement, l'inférieure négativement.

*Expérience.* — Électricité par l'air. — Pre-

nez un verre à pied à parois fort minces, soufflez de l'air dans son intérieur, au moyen d'un soufflet à deux vents; alors, si on approche de ce verre des feuilles d'or ou d'autres corps très-légers, ils donneront des signes d'électricité.

*Expérience.* — Aigrette lumineuse. — Prenez un petit cercle de cuivre d'un pouce de diamètre et d'une ligne d'épaisseur, fixez sur sa circonférence six petits tuyaux de cuivre creux vers leur extrémité; suspendez ce petit appareil au conducteur avec un fil de laiton : en le chargeant il s'élance de chaque extrémité de ces tuyaux une aigrette lumineuse.

*Expérience* — Œuf lumineux. — Présentez un œuf par la pointe la moins obtuse au conducteur chargé d'électricité, le fluide s'élancera d'un bout à l'autre, et rendra l'œuf lumineux; il faut choisir un œuf dont la coquille soit bien mince.

*Expérience.* — Carillon electrique. — Suspendez à un petit support horizontal (fig. 84) deux timbres, l'un A par un fil de soie, l'autre B par une chaîne métallique; suspendez entre ces deux timbres un petit battant C ou un petit corps sphérique, également avec un fil de soie; mettez le timbre A en communication avec le conducteur; alors l'électricité communiquée au timbre A attire le battant C, le charge d'électricité identique et le repousse; attiré vers B, timbre non isolé, il lui cède, en le frappant, son électricité,

et revient vers A. C'est une suite d'attractions et de répulsions fort promptes. On fait des carillons plus composés, c'est abandonné au caprice et à l'invention des expérimentateurs.

*Expérience.* — DANSE ÉLECTRIQUE. — Prenez deux plaques de cuivre rondes ou carrées, suspendez-les l'une à l'autre horizontalement et à quelques pouces, au moyen de fils de soie passés par des trous ménagés sur les bords; suspendez les deux plaques, ainsi disposées, au conducteur, par une chaîne métallique, et faites pendre une chaîne semblable de la plaque inférieure sur le sol. Mettez sur la seconde plaque deux ou un plus grand nombre de petites figures légères de papier ou de moelle de sureau : en chargeant le conducteur, ces petits corps sont attirés vers la plaque supérieure, puis repoussés vers l'inférieure, pour être attirés de nouveau : ce mouvement imite assez bien une danse. La théorie en est la même que celle de l'expérience précédente. Si l'on fait cette expérience dans l'obscurité, on voit des aigrettes lumineuses paraître à chaque contact; si, à la place des figures, on met un grand nombre de parcelles de feuilles d'or très-déliées, la multiplication infinie de ces aigrettes simulera une pluie lumineuse. Il y a dans tous les cabinets de physique amusante un appareil pour cette expérience.

*Expérience.* — ARAIGNÉE ÉLECTRIQUE. — Attachez à la garniture extérieure d'une bouteille de

Leyde (fig. 85) une tige B terminée par un bouton ; entre les deux armures AB, suspendez par un fil de soie, une araignée factice en liége charbonné, lestée d'un peu de plomb, et dont les pates seront en laiton : cette araignée sera attirée et repoussée alternativement par les deux boules.

*Expérience.* — PAPILLON ÉLECTRIQUE. — Adaptez à une verge de cuivre de deux à trois pieds (fig. 86) de longueur, une petite tige cylindrique transversale, également de cuivre, et dont les deux extrémités sont creusées d'un petit trou. Quand une personne isolée, et chargée de fluide électrique, tient dans sa main cet instrument, et l'agite dans l'obscurité, il jaillit des extrémités de la tige transversale des aigrettes lumineuses qui présentent l'image d'un papillon qui voltige.

*Expérience.* — JET D'EAU LUMINEUX. — Terminez par un tube très-délié, et qui ne laisse échapper l'eau que goutte à goutte, un petit entonnoir de fer-blanc ; suspendez-le par une anse du même métal au conducteur, en faisant agir le fluide électrique sur cet appareil : l'eau s'échappera par le tube, en formant un cône lumineux ; si on reçoit l'eau dans un vase isolé, on pourra en tirer des étincelles. On rend, par une semblable expérience, le jet d'eau de la fontaine de compression lumineux, en isolant cet appareil, et en le mettant en communication avec le conducteur.

*Expérience.* — Pistolet de Volta ou électrique. — Remplissez un canon de pistolet ou un tube de fer-blanc, fermé à une extrémité, d'un mélange de gaz hydrogène et d'air atmosphérique; fermez ces canons chargés avec un liége; faites alors communiquer l'étincelle électrique au gaz, par un fil métallique placé dans un tube de verre fixé à l'instrument : le gaz s'enflamme et produit une brusque et violente détonation; en pénétrant à travers le tube de verre, le fluide électrique ne se communique point au métal de l'instrument.

*Expérience.* — Inflammation de la poudre. — Introduisez dans une petite cartouche deux fils métalliques terminés par deux boules; séparez-les d'environ un quart de pouce; remplissez l'intervalle de poudre; faites dégager une étincelle électrique, alors la poudre s'enflammera. Si vous placez ce foyer dans une petite maison de bois léger, remplie de matières combustibles, vous l'incendierez, et vous présenterez ainsi le tableau d'un des désastreux effets de la foudre.

*Expérience.* — Le petit chasseur. — Placez, sur un carreau électrique, un petit chasseur en fer-blanc, tenant son fusil en joue, électrisez le carreau; si une personne approche du fusil un oiseau de fer-blanc peint, et qu'elle touche en même temps la garniture inférieure du carreau, elle éprouvera une secousse vive, qui semblera l'effet de la décharge du chasseur sur l'oiseau.

*Expérience.* — TABLEAUX ÉTINCELANS. — Collez sur une lame de verre de petites losanges ou cercles d'étain ( fig. 87 ); en les séparant d'une demi-ligne, faites-leur décrire une ligne droite et une ligne courbe; tenez la lame par l'extrémité A, terminée par une feuille d'étain de communication; faites la toucher, en B, au conducteur : le fluide électrique parcourra la ligne droite BA, et rarement BCA, parce que la ligne droite est le plus court chemin d'un point à un autre. Il est curieux de prouver, par une expérience électrique, cet axiome mathématique.

Si, au lieu de lignes insignifiantes, on figure des lettres, en les mettant en communication avec le conducteur, on les verra, dans l'obscurité, brillantes d'étincelles; mais comme le fluide électrique passe rapidement d'une lettre à l'autre, et que si cette lettre était traversée par une ligne droite telle que l'A, on n'aurait pas de continuité telle que l'O, l'E, l'F, l'H, etc., il faut, dans ce cas, placer une partie de la lettre derrière le tableau, et faire communiquer cette partie avec l'intérieur, moyennant de petites feuilles d'étain. On peut voir dans la fig. 88 cette disposition; les lozanges placées derrière le verre sont moins noircies que celles des lettres placées devant.

*Expérience.* — SERPENTEAUX ÉLECTRIQUES. — Couvrez un plateau de verre, d'environ un pied carré, d'une couche de colle de poisson, jusqu'à

environ un pouce du bord; répandez sur cette colle fraîche, avec un tamis, un peu d'aventurine en poudre (1); recouvrez la surface inférieure d'une feuille d'étain. Après avoir chargé ce carreau, comme le carreau magique, si vous déchargez au moyen de l'excitateur, il s'en dégagera un grand nombre d'éclairs étincelans et serpentans, qui se porteront au point où vous posez votre bouton; si vous disposez en spirale la poudre d'aventurine, en laissant tomber au centre la chaîne du conducteur, l'électricité suivra tous les contours de cette spirale, au fur et à mesure qu'on chargera le plateau.

*Expérience.* — BOUTEILLE FOUDROYANTE. — Chargez une bouteille à demi-pleine de liquide, d'électricité, au moyen d'un tire-bouchon assez long pour plonger dans le liquide; placez cette bouteille sur un plateau de verre ou de résine, afin de l'isoler : celui qui saisira la bouteille d'une main, et qui portera l'autre main au tire-bouchon, sentira une secousse électrique.

*Expérience.* — SERRURE FOUDROYANTE. — On place derrière une porte d'entrée une bouteille de Leyde chargée, et à la hauteur de la serrure; on établit une communication avec cette bouteille et le dehors, en mouillant le plancher; une chaîne tombe de la garniture de la bouteille sur le parquet; une tige de cuivre, ter-

(1) C'est l'aventurine factice, qui contient des parcelles de cuivre.

minée par un bouton, est fixée à la clef de la porte, de manière à ce que celui qui la tourne, pour ouvrir la porte, fasse toucher à ce bouton la tige de la bouteille; et comme ses pieds sont en communication avec le plancher mouillé, il ressent une commotion : c'est par un moyen analogue que l'on obtient le même effet en faisant toucher le cordon d'une sonnette.

*Expérience.* — Girouette électrique. — Attachez quatre ailes de papier doré à une petite boule de liége de quelques lignes de diamètre (fig. 89); traversez-la par une aiguille; suspendez cette aiguille à une lame aimantée, et exposez ce petit appareil au courant d'une pointe fixée à un con ducteur électrique : le courant du fluide, agissant sur les petites feuilles inclinées à leur axe, leur imprimera un mouvement circulaire; si cette pointe est tournée en bas, la girouette tourne en sens contraire.

*Expérience.* — Roue électrique. — Fixez à un petit essieu dix à douze tubes de verre terminés par des boules de cuivre (figure 90); rendez cet essieu très-mobile, et faites en sorte que l'équilibre de la roue soit parfait; placez cette roue entre deux bouteilles A et B, disposées de manière que les boules s'approchent, en tournant, à une ou deux lignes seulement du bouton de la bouteille B, et de la garniture de la bouteille A; chargez-les. Quand tout est disposé ainsi, chacune des boules étant at-

tirée par l'armure de la bouteille B, repoussée ensuite en avant, il en résulte un mouvement circulaire complet, qui cesserait par le retour de la première boule, qui serait repoussée en sens contraire, si elle ne rencontrait pas au milieu de sa course la bouteille A, dont l'armure, électrisée négativement, l'attire et lui enlève son électricité. La roue continue à tourner jusqu'à l'épuisement du fluide et le rétablissement de l'équilibre; elle pourrait fournir douze à quinze tours par minute.

*Expérience.* — On conduit l'électricité à de très-grandes distances. On a fait parcourir à ce fluide plusieurs milliers de toises, sans que l'on pût remarquer un seul instant la plus petite fraction de seconde entre le départ du fluide et son arrivée à l'extrémité de la chaîne ou du fil métallique que l'on avait tendu à cet effet, et auxquels conducteurs on avait fait traverser une rivière.

Si l'on tend un fil de fer entre deux piquets d'une rive à l'autre rive d'un fleuve; qu'une personne touche ce fil d'une main, et tienne de l'autre une tige de fer plongée dans le fleuve; et qu'enfin une seconde personne sur l'autre rive, tenant également la chaîne d'une main, approche avec l'autre main une bouteille de Leyde chargée d'une tige de métal que l'on fait flotter au-dessus de l'eau, au moyen d'un liége; ces deux personnes recevront en même

temps une secousse électrique; ce qui démontre évidemment que, dans cette expérience, le fluide électrique traverse l'eau.

*Expérience.* — ELECTRICITÉ DANS LE VIDE. — Prenez un long tube de verre, fermé par un bout, terminé de l'autre par un robinet; faites le vide dans ce tube, et mettez-le ensuite en contact, par sa garniture, avec un conducteur électrique : en faisant naître l'électricité, on voit se répandre un flot de lumière rouge et purpurine, qui remplit le tube par un jet continu ou par interruption. Ces jets de lumière ont, dans l'obscurité, quelque ressemblance aux éclairs, ou à ce météore si rare sur notre horizon, et qui est connu sous le nom d'*aurore boréale.*

---

# GALVANISME.

La plus grande analogie existe entre les phénomènes du galvanisme et ceux que produit l'électricité. Les premiers physiciens qui les observèrent, pensant qu'ils étaient l'effet d'un fluide particulier agissant seulement sur l'organisation animale, le nommèrent, pour cette raison, *électricité animale* (1). Volta reconnut la véritable nature du fluide galvanique, et prouva qu'il n'était que de l'électricité développée par contact, et qu'il ne différait essentiellement de l'électricité ordinaire, que par l'appareil propre à la développer, et par son émission continue ou sa permanence.

Galvani, physicien italien, remarqua le premier que quand on touche les nerfs ou les muscles d'un animal récemment privé de la vie, avec deux métaux différens, et en contact, ces muscles éprouvent des contractions et des mouvemens convulsifs, et qu'alors tout le corps de

(1) Aldini, collaborateur de Galvani, appelle ce fluide, *fluide nerveux électrique.*

l'animal paraît se ranimer. Voici quelques-unes de ces expériences.

*Expérience.* — Prenez une plaque de zinc et une plaque de cuivre ou d'argent, métaux auxquels on a reconnu la propriété de développer le mieux les phénomènes galvaniques; dépouillez une grenouille, mettez à nu ses nerfs cruraux ( nerfs des cuisses très-apparens ); pincez un de ces nerfs avec deux plaques de ces différens métaux en contact, à l'instant tous les muscles des cuisses se contracteront, comme si la grenouille voulait sauter ou nager.

*Expérience.* — Placez une de ces plaques sous la langue, une autre, et toujours de métal différent, sur cet organe, tant qu'elles resteront distantes vous n'éprouverez rien; mettez-les en contact par le bord, à l'instant vous éprouverez une saveur restringente et un peu piquante.

*Expérience.* — Mettez deux plaques en contact sur le bord d'une plaie, aussitôt de vives douleurs s'y feront sentir.

*Expérience.* — Placez sous votre langue une plaque métallique, une autre sous la lèvre supérieure; mettez-les en contact, l'air vous paraîtra lumineux, comme si des éclairs éloignés y produisaient une réverbération.

*Expérience.* — Placez un petit poisson vivant sur une lame de zinc mouillée; mettez sur ce poisson une pièce d'argent, et faites communiquer ces deux pièces de métal avec un fil de

métal, le poisson éprouvera alors de violentes contractions, qui cesseront dès que la communication n'aura plus lieu.

*Expérience.* — Placez un gobelet d'argent, plein d'eau, sur une lame de zinc; touchez l'eau avec le bout de la langue, elle ne vous paraîtra avoir aucune saveur : mais, si vous appliquez vos mains mouillées sur la lame de zinc, vous sentirez à l'instant une saveur acerbe.

*Expérience.* — Plongez dans l'eau une lame de zinc, elle s'oxidera lentement; si vous la mettez en contact avec une lame d'argent ou de cuivre, elle s'oxidera très-rapidement. Ce fait explique la raison pourquoi il convient de doubler les vaisseaux avec des lames et des clous ou chevilles de même métal; si l'on faisait usage de métaux différens, ils seraient bientôt corrodés, à cause de l'action galvanique, encore augmentée par la salure des eaux de l'océan.

Volta, ayant remarqué que deux métaux différens, et particulièrement le zinc, le cuivre et l'argent, mis en contact, acquièrent, l'un, le zinc, l'électricité positive; les deux autres, l'électricité négative; que ces métaux produisaient beaucoup plus d'effet quand on leur interposait un liquide salé ou acidulé, imagina de réunir ou d'accumuler ces petits appareils électriques, et d'en former une pile ( fig. 87 ): l'effet de cet appareil fut extraordinaire, on lui donna le nom de son inventeur. On forme la pile galva-

nique ou de Volta de disques de zinc et de cuivre, en séparant chaque couple par une rondelle d'étoffe trempée dans une dissolution saline ou dans une eau acidulée. On élève la pile en commençant par une plaque ou rondelle (1) de cuivre ou de zinc, et en finissant par une plaque de métal différent, de zinc ou de cuivre. On appelle ces extrémités, pôles de la pile. On appelle le *pôle zinc, pôle positif;* et le *pôle cuivre, pôle négatif.* Ces noms sont relatifs aux deux genres d'électricités qui se manifestent à chaque extrémité de la pile Voltaïque.

La pile se compose de 10, 15, 20, 30, 40, 50 couples de rondelles, suivant les effets que l'on veut obtenir.

Les physiciens ont fait beaucoup de changemens à la pile de Volta : ayant reconnu que son poids exprime l'humidité des rondelles interposées entre les plaques inférieures, et qu'alors elle ne produit plus le même effet, ils placèrent les plaques horizontalement ( fig. 93 ), en faisant plonger chaque paire dans une auge divisée en compartimens, et remplie d'eau acidulée. Chaque plaque, cuivre et zinc, est réunie, par une lame soudée à son extrémité, à la lame opposée, ce qui leur donne la forme de pincettes (fig. 94). Ces doubles lames sont fixées par

(1) Ces rondelles ont ordinairement le diamètre d'une pièce de cinq francs.

un écrou à une pièce de bois, qui sert de levier, soit pour les plonger toutes ensemble dans l'auge, soit pour les tenir au-dessus, pour mettre la pile à sec et en repos. La pile à auge est terminée, comme la pile verticale, par une plaque unique de métal différent, zinc ou cuivre; elle acquiert, comme la première, une force ou une tension d'autant plus grande, que les plaques ont plus de surface et qu'elles sont plus nombreuses.

Quand la pile est disposée ainsi, il s'établit de l'un à l'autre pôle un courant de fluide électrique: ce courant est continu sans interruption, et tout-à-fait indépendant de l'état de l'air du climat, de la température, et de toutes les causes qui font sans cesse varier l'électricité obtenue par frottement.

*Expérience.* — Si l'on attache des fils de métal aux deux extrémités de la pile, en les prenant dans chaque main, on ressent une commotion tout-à-fait semblable à celle que l'on éprouve en déchargeant une bouteille de Leyde; si l'on touche ces fils avec les doigts mouillés, ou avec une pièce de métal, la commotion est plus forte : cette commotion se communique également à plusieurs personnes qui se donnent la main. On peut faire sentir cette commotion au moyen de la bouteille de Leyde, que l'on charge avec la pile galvanique comme avec la machine électrique ordinaire.

*Expérience.* — Si l'on fait communiquer ces fils avec deux électromètres, on remarque qu'ils donnent tous deux des signes d'électricité, que l'extrémité zinc produit de l'électricité vitrée ou positive, et l'extrémité cuivre de l'électricité résineuse ou négative.

*Expérience.*—Si l'on recourbe le fil d'un pôle de la pile vers le pôle opposé, quand on en approche l'extrémité de ce fil, il se dégage une étincelle assez forte, quand la pile a plusieurs paires de plaques, pour percer une feuille d'or, et pour enflammer du soufre, de la poudre et du phosphore.

*Expérience.* — Deux fils métalliques répondant aux pôles de la pile, rougissent et s'enflamment quand la pile est forte. Ces fils s'enflamment et brûlent très-vivement dans l'alkool, l'huile d'olive, le napthe, le sulfure de carbone, l'hydrogène; mais jamais dans l'eau.

*Expérience.* — Si l'on fait passer les fils de la pile à travers une petite colonne d'eau contenue dans un tube, de manière à ce que leur extrémité soit presque en contact, l'eau se décompose : le fil du pôle zinc ou positif dégage l'oxigène; le fil du pôle cuivre ou négatif dégage l'hydrogène.

*Expérience.* — Si l'on fait passer le courant électrique à travers de l'eau chargée d'une dissolution saline ou d'eau acidulée, il se dégage beaucoup de gaz; si on le fait passer à travers

une colonne d'eau très-pure, on obtient à peine quelques bulles. Si l'on fait passer le fluide à travers de l'eau chargée d'acétate de plomb, de sulfate de cuivre, de nitrate d'argent, etc., on voit le fil correspondant au pôle résineux se couvrir des cristaux de ces différens sels.

*Expérience.* — Si l'on remplit deux coupes d'une dissolution de sulfate de soude, et qu'on les fasse communiquer par un fil d'amiante; en soumettant ce mélange à la pile galvanique, il se décompose et se sépare : on trouve de l'acide sulfurique dans une coupe, et de la soude dans l'autre. Divers mélanges mis dans plusieurs coupes, et soumis de la même manière à l'action de la pile, se décomposent et se séparent également. En général, dans ces expériences, le principe acide se réunit au pôle vitré, et les bases salifiables au pôle résineux.

*Expérience.* — Si l'on place à l'extrémité des fils métalliques de petits cônes de charbon bien sec, ce charbon s'enflamme, des étincelles capables de fondre les métaux les plus réfractaires, et de volatiliser le diamant, s'en échappent; les pointes du charbon brûlent ainsi avec une grande intensité sans qu'il paraisse diminuer.

*Expérience.* — En soumettant à une très-forte pile galvanique les substances connues sous le nom d'alkalis, telles que la soude, la potasse; et quelques substances terrestres, telles que la chaux, la baryte, etc., elles se décomposent; des

bulles d'oxigène se dégagent au pôle vitré, et des globules d'une substance brillante métallique se rendent au pôle résineux. Ces substances se trouvent converties en vrais métaux, rendus à leur état métallique, état qui ne peut exister dans la nature, vu leur extrême avidité pour l'oxigène. Ainsi les substances regardées longtemps comme élémens, sont des métaux combinés avec un principe qui les tient dans un état permanent d'oxidation. La potasse est du potassium, plus de l'oxigène ou de l'oxide de potassium; la soude de l'oxide de sodium, la chaux de l'oxide de calcium, la silice de l'oxide de silicium, la strontiane de l'oxide de strontium, etc., etc. Nous devons au célèbre chimiste anglais Davy cette étonnante découverte.

*Expérience.* — En soumettant à la pile galvanique des animaux vivans, ils éprouvent une extrême agitation, suivie promptement d'une mort convulsive. Les animaux récemment mis à mort sont violemment agités par le fluide galvanique dirigé sur leurs nerfs. J'ai vu soumettre à cette expérience un chien récemment assommé : cet animal ouvrait la gueule et tirait la langue. Une tête de bœuf, envoyée encore saignante de la boucherie dans notre laboratoire, et soumise au courant d'une très-forte pile verticale, ouvrit les paupières et dressa les oreilles. En 1809, le cadavre d'un supplicié, homme très-vigoureux, fut apporté dans un

amphithéâtre dépendant de l'École de Médecine; on rapprocha la tête du tronc, et on soumit le cadavre entier à l'action de la pile : tous les muscles se contractèrent, les yeux s'ouvrirent et parurent rouler dans leurs orbites; les jambes et les bras s'agitèrent violemment, et la poitrine sembla faire effort pour respirer. Témoin de cette expérience, j'en aurai toujours l'horrible tableau devant les yeux.

Le galvanisme a été, comme l'électricité et le magnétisme, appliqué à l'économie humaine à titre de stimulant, quelquefois avec succès, souvent aussi au préjudice du malade. La plupart des moyens de cette thérapeutique médico-physique sont tombés en défaveur et en désuétude.

---

# MAGNÉTISME.

La partie de la physique appelée magnétisme a pour objet l'examen des propriétés de l'aimant et des corps aimantés.

L'aimant est une variété de mine de fer, qui a la propriété d'attirer le fer à distance, et de s'attacher fortement à ce métal. L'acier, qui n'en est qu'une modification, le cobalt et le nikel, substances également métalliques, sont également attirables par l'aimant; mais il faut que ces deux derniers métaux soient d'une grande pureté. Plongez un aimant dans la limaille de fer, ou dans un amas d'aiguilles, vous le retirez hérissé de ces corps, qui se pressent et se dressent contre lui : les aiguilles répondant aux pôles s'attacheront par la tête ou la pointe, et se dresseront; celles qui toucheront l'équateur se coucheront ou s'appliqueront sur l'aimant.

L'aimant communique aux métaux sa propriété d'attirer, ceux-ci la conservent plus ou moins de temps; mais le fer doux ne conserve sa propriété magnétique que tant qu'il est en contact avec un corps magnétisé, tandis que le fer converti en acier la conserve des siècles.

Un aimant naturel attire et supporte des morceaux de fer dont les poids varient suivant sa force. Cette force n'est pas toujours en rapport avec la grosseur ni le poids de la pierre : en général l'aimant supporte moins que son poids ; mais on en a vu qui supportaient plusieurs fois leurs poids.

Dans l'expérience rapportée ci-dessus, on observe que la limaille ne s'attache ni également ni uniformément à la surface de l'aimant. Il y a deux points à peu près diamétralement opposés, où elle se fixe en plus grande abondance, et où ses parcelles se tiennent debout : ces pointes opposées s'appellent les *pôles de l'aimant*. Si on suspend un aimant par un fil de soie, il prendra une direction telle, qu'un de ses pôles se tournera vers le nord, et le pôle opposé vers le sud. D'après cette polarité reconnue à l'aimant, on a appelé le premier *pôle boréal*, et le second *pôle austral*.

Un aimant placé dans la direction naturelle de ses pôles acquiert toute sa force : un aimant artificiel la conserve ainsi plus long-temps.

Un aimant chargé de tout le poids qu'il peut supporter acquiert plus de force, et la conserve mieux que celui qui n'est pas chargé.

Un choc violent, une décharge électrique, peuvent affaiblir la force magnétique. On communique la propriété magnétique à des barres de fer ou d'acier, au moyen de la pierre d'ai-

mant, ou tout autre moyen : ces aimans sont appelés *artificiels;* il en est qui sont doués d'une très-grande force. On donne ordinairement aux barres d'acier aimantées la forme d'un *fer à cheval*, afin que les deux pôles qui se trouvent aux extrémités de ces barres, se trouvent sur le même plan, et puissent agir simultanément. On applique sur cette extrémité un morceau d'acier que l'on appelle *l'ancre* de l'aimant, ou *contact;* cette ancre est garnie d'un crochet auquel on suspend la charge de l'aimant.

L'aimant attire les métaux que nous avons désignés à des distances plus ou moins éloignées. Les corps interposés entre l'aimant et ces métaux, le fer excepté, n'empêchent point sa force attractive. En plaçant une aiguille dans un bassin de cuivre, d'argent, de cristal, ou dans une boîte de bois, on la fait mouvoir dans toutes les directions en promenant en dehors un barreau aimanté.

Deux aimans mis en contact s'attirent par les pôles opposés, et se repoussent par les pôles contraires.

*Expérience.* — On arme les aimans naturels, minerai ou pierre d'aimant, en les garnissant de lames de fer doux aux deux côtés qui répondent aux pôles. Ces lames débordent un peu la masse d'aimant, et font deux saillies qui répondent aux pôles de l'aimant. On fixe ces plaques de fer par des cercles de cuivre ; un an-

neau est fixé à une plaque du même métal placée au-dessus, il sert à suspendre l'appareil; l'ancre se fixe aux saillies des plaques de fer.

Un aimant bien garni a plus de force que quand il est nu. On a vu des aimans de deux à trois onces qui, étant montés, supportaient trois à quatre livres de fer. Lemery parle d'un aimant d'une grosseur médiocre qui portait 22 livres. J'en ai vu un d'environ 50 pouces cubes qui portait, étant armé, plus de 60 livres.

### *Communication du magnétisme.*

*Expérience.* — On communique le magnétisme à une lame de fer ou d'acier, en la frottant, toujours dans le même sens, avec un des pôles d'un aimant naturel ou artificiel. On fait acquérir ces propriétés à un très-haut degré, en posant sur le milieu de la lame ou du barreau de fer que l'on veut magnétiser, un des pôles de l'aimant naturel, et en faisant faire à celui-ci avec le barreau un angle de dix à douze degrés; en faisant glisser ensuite l'aimant, en appuyant un peu, jusqu'à l'extrémité du barreau; en le rapportant ensuite au même milieu, sans lui faire toucher le fer; en répétant plusieurs fois cette manœuvre; en posant enfin sur l'autre côté du barreau le second pôle de l'aimant, et en frottant de la même manière, aussi long-temps et autant de fois l'autre moitié.

*Expérience.*—L'aimantation à *double touche* (fig. 96) est encore plus efficace. Voici comme elle se pratique : touchez vers le milieu le barreau AB, que vous voulez aimanter, avec deux aimans C, D; inclinez chacun en sens contraire de dix à douze degrés; que les deux extrémités des aimans qui touchent le barreau soient à pôles différens; faites plusieurs frottemens, comme dans l'opération précédente; enlevez ensuite les aimans perpendiculairement au barreau, celui-ci se trouve alors fortement aimanté.

On réunit plusieurs barreaux semblables pour former un faisceau que l'on lie avec des anneaux de cuivre. Ces faisceaux sont doués d'une très-grande énergie, et servent à communiquer le magnétisme aux aimans artificiels; mais leur construction exige beaucoup d'apprêts et de précautions, que l'on trouvera indiqués dans les *Récréations physiques* de Guyot, au chapitre qui traite de l'aimant. Je possède un *fer à cheval* composé de cinq barreaux recourbés, et qui porte près de six livres.

Les aimans artificiels s'aimantent plus fortement, et, comme ils ont plus de puissance que les aimans naturels, on les emploie de préférence dans les expériences relatives au magnétisme On a vu des aimans artificiels porter plus de cent fois leur propre poids.

*Expérience.* — Si l'on veut aimanter un barreau, de manière à lui donner des deux côtés

le même pôle, on le choisit fort long, relativement à sa grosseur, par exemple, d'un pied sur une ou deux lignes d'épaisseur, et on l'aimante par double touche, comme dans la dernière expérience, mais en ne faisant glisser les deux aimans que sur chacune des moitiés du barreau à aimanter, qui acquiert alors le même pôle par ses deux extrémités.

*Expérience.* — Cercle aimanté. — On contourne une barre d'acier en cercle, en lui donnant une grosseur proportionnée à son diamètre (1), à peu près autant de largeur en lignes que de diamètre en pouces. On l'aimante comme les barreaux ordinaires, de manière à obtenir les deux pôles aux extrémités A et B (*fig.* 97), séparées l'une de l'autre d'environ un pouce, le cercle en ayant six de diamètre. En plaçant ce cercle dans un bassin rempli d'eau, et en y faisant surnager, attachée à un morceau de liége, une lame d'acier ou un cygne de fer-blanc, ces objets mobiles iront toujours se placer aux pôles; et, si l'on donne au cercle un mouvement circulaire, ces corps feront avec lui le tour du bassin. Cette expérience démontre que l'eau n'est pas un obstacle au cours du fluide magnétique.

(1) Si les barres sont longues et très-étroites, elles s'aimantent mal : il y a un rapport de longueur et de largeur que l'expérience apprend bientôt à connaître à ceux qui fabriquent des aimans. La largeur des barres a bien plus d'influence que leur épaisseur.

*Force prodigieuse de la matière magnétique.*

*Expérience.* — Faites un petit bateau de cuivre, ou plus simplement prenez une coquille de moule ; mettez-la sur l'eau d'un bassin qui soit à l'abri de toute secousse ; chargez ce petit bateau de grains ou cendrée de plomb, jusqu'à ce que ses bords soient au niveau du liquide ; placez ensuite au centre du petit bateau, dans le sens de sa longueur, une aiguille très-fine aimantée ; tournez le bateau contrairement aux pôles magnétiques ; en l'abandonnant ensuite à lui-même, il se replacera dans son méridien. Ainsi le courant de la matière magnétique rencontrant l'aiguille, qui ne pèse pas un grain, agit sur elle avec tant de force et d'énergie, qu'elle lui fait déplacer une masse qui pèse trois ou quatre mille fois plus.

L'action du fluide magnétique ne s'exerce pas seulement sur les métaux : ce fluide, comme l'électricité, la lumière, le calorique, et tous les fluides impondérables, attire plusieurs substances avec lesquelles on le met en contact. Un barreau aimanté, plongé quelque temps dans la teinture de tournesol ou de chou rouge, la décolore entièrement ; plongé dans une dissolution de muriate de mercure, il le précipite à l'état métallique. Un fil d'acier en communication avec les deux pôles d'un aimant, décompose

le nitrate d'argent, sel métallique qui se précipite alors en cristaux sur le fil aimanté.

J'indiquerai à la fin de ce traité les principaux usages de l'aimant en médecine.

### *De l'aiguille aimantée.*

Une des propriétés constantes de l'aimant et des métaux aimantés, c'est de diriger leurs pôles vers ceux de la terre. Une aiguille aimantée, placée légèrement sur un liquide ou sur un pivot, prendra constamment cette direction, après avoir oscillé quelque temps. Ce que l'on nomme *méridien magnétique* est le cercle qui coïnciderait avec le plan vertical, qui passe par la direction de l'aiguille.

L'aiguille aimantée n'est pas constamment dans la direction des méridiens terrestres N. et S. : sa pointe s'éloigne plus ou moins du nord, et forme avec ce méridien un angle que l'on appelle *angle de déclinaison*. Cet angle varie dans les différentes régions du globe, et dans le même lieu. A Paris l'arc de déclinaison est maintenant de 22° 19'; vers l'ouest, en 1802, elle était de 22° 3'; en 1770 de 19° 55'; en 1750 de 17° 15'; en 1701 de 8° 25'; en 1680 de 2° 40'; en 1670 de 1° 30'; en 1666 elle était nulle. Ainsi, l'aiguille répondait exactement aux pôles terrestres. De l'année 1720 à 1724, l'aiguille se tint invariablement à 13° de décli-

naison à l'ouest. Depuis quelques années, la déclinaison de l'aiguille aimantée a très-peu varié : cette déclinaison, de 22° 19', est probablement la limite ou le point d'où l'aiguille rétrogradera pour revenir au nord et à l'est. En 1580 elle déclinait à l'est.

Il est des contrées où l'aiguille aimantée varie très-peu ; il en est où elle ne varie pas. On a observé, dans l'Amérique méridionale, une ligne qui passe par le golfe du Mexique, et sous laquelle il n'y a point de déclinaison sensible. Une autre de ces lignes traverse une partie de l'Asie et de la mer du Sud (1) : autrefois une pareille ligne traversait l'Europe.

La connaissance de la déclinaison est nécessaire pour l'établissement des méridiennes, pour lever des plans, et pour s'orienter au moyen de la boussole.

Un autre phénomène que présente l'aiguille aimantée, c'est son *inclinaison*. Suspendez une aiguille traversée d'un pivot ou d'un axe à son centre, sur deux montans en cuivre qui la soutiennent en équilibre, et dans une situation horizontale ; aimantez cette aiguille, et remettez-la à sa place, elle s'incline aussitôt vers le pôle de l'hémisphère où l'on se trouve placé quand on

(1) Le célèbre Halley a publié, en 1700, une carte magnétique du globe, où se trouvent toutes les déclinaisons observées en différens lieux : mais, comme ces déclinaisons peuvent varier dans ces mêmes lieux, cette carte est plus curieuse qu'utile.

fait cette expérience. L'inclinaison varie, comme la déclinaison, suivant les lieux; elle est presque nulle ou tout-à-fait nulle sous l'équateur. Le cercle sous lequel on observe cette horizontalité de l'aiguille, forme une courbe qui coupe l'équateur sous de très-petits angles, et s'appelle *équateur magnétique*. Hors ce cercle, au nord et au sud, l'aiguille s'incline d'autant plus que l'on s'approche de l'un ou de l'autre pôle : il est présumable qu'à ce point du globe, ou aux environs, l'aiguille ou son inclinaison devient verticale. La plus grande inclinaison a été observée dans l'hémisphère austral, sous le 79e degré 44 minutes de latitude; elle était de 82°. Elle est maintenant à Paris de 68°; elle était de 71° en 1787.

L'aiguille aimantée éprouve encore des variations, au milieu même de sa constance à demeurer un espace de temps à un point fixe. Van-Swinden a observé sur une aiguille magnétisée et fort longue, qu'elle s'avançait constamment tous les jours vers l'ouest, depuis le lever du soleil jusqu'à midi, et vers l'est depuis ce moment de la journée jusqu'au soir. Il y a quelques années que l'aiguille de la boussole de l'Observatoire s'écarta tout-à-coup, de plusieurs degrés, du lieu de sa déclinaison, et y revint presque aussitôt. On remarque souvent, en mer, de ces anomalies, que les marins appellent *affolemens*, principalement quand on navigue dans

le sens des latitudes. Les orages ont une grande influence sur l'aiguille aimantée; on a vu plus d'une fois le tonnerre désaimanter une aiguille, et l'aimanter en sens contraire. Enfin, les aurores boréales exercent encore une action très-marquée sur l'aiguille aimantée. Quelques physiciens ont présumé, d'après ce fait, quelque analogie entre les causes de ces deux phénomènes. L'identité que les physiciens viennent de démontrer entre le magnétisme et l'électricité, rend cette opinion probable.

### *Boussole.*

J'ai dit qu'une des propriétés les plus remarquables de l'aiguille aimantée, est sa constance à tourner ses pointes vers les deux pôles : ainsi, abstraction faite de la déclinaison et de l'inclinaison, on peut connaître à toutes les heures du jour et de la nuit ces deux points, si importans dans les voyages, dans la géographie, dans la gnomonique, la géodésie, etc. Ce n'est que sur la fin du 13e siècle (1) que l'aiguille aimantée fut employée à la navigation, et que l'on inventa la boussole.

La boussole est composée d'une lame d'acier en losange, reposant sur un pivot, sur lequel elle tourne librement. Ce pivot est placé au

(1) Cet instrument fut inventé par Flavio, citoyen d'Amalfi, au royaume de Naples : on termina, dès cette époque, l'aiguille par une fleur de lis, qui entrait dans les armes du roi de Naples.

centre d'une circonférence divisée en 32 parties, répondant au nombre de vents dont on est convenu de diviser l'horizon. Le bord de cette circonférence est aussi divisé en degrés, ou en 360 parties égales. Ainsi les rayons qui indiquent les vents sont séparés par des arcs de 11° $\frac{1}{4}$ ou 11° 15' : ces degrés servent à indiquer et à corriger la déclinaison. Dans la boussole marine, la table où sont tracés les vents, ou la rose des vents, est fixée sur l'aiguille même, que l'on ne voit pas, et dont elle indique les mouvemens. Pour conserver cette aiguille dans une situation horizontale, on est obligé de rendre la partie australe un peu plus pesante, afin de rétablir l'équilibre qui se trouve rompu par l'inclinaison : on attache aux aiguilles des boussoles marines un peu de cire, afin de pouvoir, suivant les variations de l'inclinaison, diminuer ce contre-poids, ou l'augmenter.

Quand on fait usage de la boussole, il faut toujours tenir compte exactement de la déclinaison, suivant le lieu du globe où l'on se trouve placé. A Paris, la déclinaison actuelle exige que l'on place le nord indiqué sur la rose, à 22° $\frac{1}{4}$ à l'est de l'aiguille, ou l'aiguille à 22° $\frac{1}{4}$ à l'ouest du point nord de la rose : sans cette précaution, on placerait au nord ce qui est au N.-N.-O., et réciproquement. (V. pl. 109.)

On doit à la boussole les plus grandes découvertes de la navigation : sans la boussole, il

est absolument impossible de tenir quelques jours la pleine mer. La navigation ancienne, privée de cet utile instrument, n'était, pour ainsi dire, qu'un cabotage plein de dangers. Peut-être que, sans la boussole, l'Amérique resterait encore ignorée des Européens, ou que cette connaissance serait au moins sans utilité pour un autre monde séparé par de vastes mers.

### *Expériences magnétiques.*

*Expérience.*—Aimans sans aimant.—Attachez au manche d'une grande pelle à feu un petit barreau d'acier, au moyen de deux fils de soie; tenez la pelle verticalement, et frottez le barreau de haut en bas avec la partie inférieure des pincettes; tenez dans la même position verticale le petit barreau : quand vous aurez répété plusieurs fois cette opération, il sera aimanté, faiblement sans doute, mais assez pour en faire l'aiguille d'une boussole, et pour servir à un grand nombre d'expériences.

*Expérience.* — Suspendez une barre de fer, en plein air, dans la direction du méridien magnétique, et suivant la déclinaison qui est de 22° $\frac{1}{4}$; inclinez-la en même temps à l'horizon de 68°, angle d'inclinaison que présente maintenant l'aiguille aimantée : cette barre, ainsi disposée, prendra une grande force magnétique, surtout si l'on a soin de lui imprimer de temps en temps de petites secousses.

Les morceaux de fer qui restent long-temps exposés à l'air, tels que les tiges des girouettes, les croix des clochers, les paratonnerres, s'aimantent dans toutes les directions. J'ai vu un montant de croix en fer devenir très-fortement magnétique après avoir été frappé de la foudre. Les physiciens ont constaté, par les expériences les plus nombreuses, qu'un barreau de fer soumis à un courant, ou à des décharges de la pile ou de la bouteille de Leyde, devient magnétique (1); que tous les métaux, et la plupart de leurs alliages acquiéraient aussi la vertu magnétique; mais que, quand on arrêtait la circulation du fluide électrique, la plupart rentraient dans leur premier état.

On a vu souvent des barres de fer et des morceaux plus petits de ce métal, acquérir la vertu magnétique pendant qu'on les forgeait dans la direction nord-sud. Les morceaux d'acier échauffés par la lime, et la lime elle-même, deviennent fréquemment magnétiques dans les mains de l'ouvrier.

*Expérience.* — Présentez à une aiguille à coudre, un aimant artificiel en fer à cheval ou en cercle, l'aiguille s'y portera avec force. Ne

(1) Quand on veut aimanter un morceau d'acier par le fluide électrique, on l'entoure d'un fil de fer que l'on contourne en hélice, en l'appliquant sur toutes les faces de l'acier, et l'on fait communiquer les bouts de ce fil aux deux pôles de la pile, ou au crochet et à la garniture d'une bouteille de Leyde.

présentez que l'extrémité A (fig. 97) à un des bouts de l'aiguille, elle s'y portera également; mais elle sera repoussée si vous lui présentez ensuite l'extrémité B, parce que ces deux pôles sont contraires.

*Expérience.* — Chargez un aimant artificiel de tout le poids qu'il peut supporter; en divisant ce poids par petites fractions, et en l'en chargeant peu à peu, l'aimant devient capable, par cette espèce d'essai, de porter bien davantage. Une aiguille attirée et touchée plusieurs fois par l'aimant, se précipite sur lui de plus loin et bien plus rapidement qu'une aiguille *vierge*.

*Expérience.* — Placez verticalement un barreau aimanté, plusieurs autres barreaux s'y attacheront et y resteront suspendus.

*Expérience.* — Couvrez un plateau de cuivre, d'argent ou de verre, de limaille de fer; promenez un aimant au-dessus ou au-dessous, les particules de cette limaille s'arrangeront avec symétrie, et formeront des courbes.

*Expérience.* — Placez dans le bec d'un cygne artificiel une lame aimantée; mettez cet appareil sur l'eau : en lui présentant une baguette renfermant un barreau aimanté, il sera attiré ou repoussé, suivant que le pôle sera semblable ou différent. Ce que l'on appelle *baguette magnétique*, est un petit bâton creux, d'ébène ou d'acajou, d'environ dix pouces de longueur, et dans lequel on enferme un barreau aimanté.

Si vous présentez un morceau de pain avec l'extrémité qui répond au pôle opposé à celui de la lame cachée dans le bec du cygne, il sera attiré; si vous lui présentez l'autre extrémité qui ne porte rien, il sera repoussé et aura l'air de fuir.

Des poissons armés de barreaux, placés au fond d'un bassin, s'attachent à un hameçon aimanté, et paraissent y mordre.

*Expérience.* — Répandez des petits clous ou des pointes sur une table très-mince; promenez un aimant par-dessous, et présentez aux clous un morceau de fer non aimanté; ceux que rencontre le courant magnétique qui traverse la table, s'élancent vers le morceau de fer qu'on leur présente; les clous qui sont hors du courant magnétique ne bougent pas.

*Expérience.*—PALINGÉNÉSIE (1).—Formez sur une tablette le dessin d'une rose ou de toute autre fleur, avec de petites pointes d'acier aimanté, en les clouant fort près l'une de l'autre, sur tous les contours ou linéamens du dessin; couvrez la tablette d'un papier blanc; répandez ensuite légèrement, avec un tamis, de la limaille de fer sur ce papier, elle se portera principalement sur tous les endroits où les pointes sont attachées: on favorise l'opération en donnant de légères secousses

(1) De παλιν, de nouveau; γεινομαι, naître: ce mot veut dire résurrection.

à la tablette. On fait croire que cette fleur renaît de ses cendres, en mêlant des cendres à la limaille.

*Expérience.* — LUNETTE MAGIQUE. — La lunette magique est un instrument magnétique auquel on donne la forme d'une lunette (fig. 98) de spectacle ; son tube est en ivoire ; ses parois sont assez minces pour que l'on puisse voir distinctement l'intérieur. Un oculaire est placé en A ; l'objectif est recouvert intérieurement d'un papier blanc, et porte à son centre un pivot sur lequel tourne une aiguille aimantée. En posant cette lunette sur son objectif, et en regardant à travers l'oculaire, on aperçoit l'aiguille qui est dirigée du nord au sud, comme dans les boussoles ordinaires. Si vous faites glisser devant ou sous l'objectif un des barreaux aimantés (fig. 99) dont les pôles soient dans une situation opposée à ceux de l'aiguille de la lunette, et forment un angle avec cette aiguille, celle-ci quittera sa direction N. S., et se mettra dans la place ou dans la direction du barreau ; si vous placez celui-ci en travers, l'aiguille fera un angle droit ou de 90° avec le nord ; si vous le faites tourner, l'aiguille tournera également ; si l'on interpose une lame de cuivre, un plat d'argent, un carton ou une planchette très-mince, entre la lunette et le barreau, des mouvemens semblables auront encore lieu entre les deux corps aimantés, et l'on reconnaîtra facilement ceux que l'on fera exécuter au barreau placé au-delà d'un corps opa-

que, et hors de la vue de l'observateur: voilà toute la magie de cette expérience, une des plus surprenantes des récréations magnétiques. Voici quelques applications très-intéressantes de la lunette: taillez en bois huit petits carrés (fig. 100) d'un à deux pouces de côté; tracez à leur surface un cercle que vous diviserez en huit parties; creusez sur chaque plaque une rainure correspondante à deux divisions opposées, la première *ab* partagera verticalement le carré en deux parties égales; celle du second carré *cd* aura, relativement à la première, un angle de 45 degrés; la 3e *ef*, 45° de la seconde, et ainsi des autres. Dans chaque rainure fixez un barreau aimanté, dont le pôle sud répond au haut de la planchette, ou soit placé en face de l'observateur; couvrez ces rainures de papier, et sous chacun de ces dix carrés tracez, dans le sens sud-nord, les chiffres 1-2-3-4-5-6-7-8; rangez ces huit tablettes à côté les unes des autres, dans une boîte étroite et assez longue, fermant à charnière par un couvercle fort mince: en plaçant la lunette magique sur ce couvercle, l'aiguille prenant les diverses directions des aimans cachés dans les planchettes, on devinera nécessairement la place qu'elles occupent dans la boîte. Sur le n° 1, l'aiguille sera dirigée au nord; sur le n° 2, elle en sera à 36°; sur le n° 45, à 90°; et ainsi jusqu'au point de départ, en décrivant un cercle entier. (V. fig. 101.)

Ces dix tablettes peuvent subir plus de 40,000 arrangemens différens, ce que démontre le calcul le plus simple.

Faites une seconde boîte (fig. 102) en tout semblable à la première, et à parois très-minces; placez les huit carrés dans le même ordre, de manière qu'ils correspondent exactement à ceux de la première boîte; du centre de chaque carré, décrivez un petit cercle que vous diviserez en huit parties égales; sur chacune de ces divisions, et autour de chaque petit cercle, écrivez les chiffres 1,2,3,4,5, etc. Il est évident que l'aiguille mobile indiquera, dans la boîte supérieure, le placement, quel qu'il soit, des chiffres de la boîte inférieure, en plaçant ces boîtes l'une sur l'autre. Ainsi l'aiguille qui répondra au n° 1 sera toujours droite; celle qui répondra au n° 2 sera toujours à 45°; celle du n° 3 à 90°; ainsi des autres. On peut remplacer les chiffres par des lettres ou par des mots. Dans cette récréation, à laquelle on donne le nom de *découverte inconcevable*, on inscrit ordinairement ce vers latin : *Tot tibi sunt dotes, quot cœlo sidera, virgo* (1), composé de huit mots susceptibles de 40,320 transpositions. On écrit sur les petits cercles de la seconde boîte, divisée aussi en huit parties, la première lettre de chacun de ces mots.

(1) O vierge! tu as autant de vertus qu'il y a d'étoiles au ciel.

C'est sur le même principe des aimans correspondans que l'on construit le *puits magnétique* ou le *puits enchanté*; car la science des expériences a toujours usé d'un langage pompeux et mystique. On figure un puits A (fig. 103) en carton ou en bois peints et vernis, ayant à peu près dix pouces de hauteur et six d'ouverture. Ce puits repose sur une caisse en bois, contenant un tiroir B, dans lequel peuvent tenir exactement chacun des petits carrés a, b, c, d, peints et garnis d'un aimant (fig. 104). Au-dessus de cette caisse, à un demi-pouce du fond du puits, placez un miroir convexe C, qui ait une sphéricité telle, qu'en s'y regardant de l'ouverture du puits, la tête et le buste ne paraissent pas avoir plus de deux à trois pouces de hauteur. Entre ce miroir et le fond du puits, tourne sur un pivot D un cercle de carton E (fig. 105), garni d'une aiguille aimantée e, e; sur ce carton sont peintes quatre figures *a' a" a"' a""*, toutes semblables à celle des carrés a,b,c,d, (fig. 104), mais plus petites, et ayant le visage découpé à jour. Tout étant disposé ainsi, en plaçant dans le tiroir le petit carré a, son aimant est tellement disposé, que le cercle de carton mis en mouvement par l'aiguille aimantée qui le supporte, amènera positivement entre l'ouverture inférieure du puits et le miroir convexe, le petit cercle à jour *a'*, en sorte qu'on s'y verra tel qu'on est : mais si l'on remplace le carré a

enfermé dans le tiroir, par le carré b, la figure *a*" du cercle E se placera également sous les yeux de l'observateur ; mais sa tête paraîtra ornée de la coiffure qui y est peinte, et son visage remplira l'espace découpé qui répond au miroir. On renouvellera cette intéressante et curieuse expérience avec les figures c, d, et avec toutes les coiffures et les costumes imaginables, en multipliant les carrés et les cercles.

*Expérience.* — FIGURES QUI SE POURSUIVENT ET S'ÉVITENT RÉCIPROQUEMENT. — Placez dans deux piédestaux creux, semblables à celui de la fig. 106, une aiguille aimantée *a*, soutenue par une tige *b*; attachez au haut de cette tige, et sur le piédestal, deux bustes légers, la face tournée vers la pointe nord des aiguilles; en maintenant une de ces figures dans sa position, et en la présentant à l'autre, les deux pôles nord, se trouvant opposés, se repousseront, et une des figures tournera le dos à l'autre; si vous la maintenez dans cette position, et que vous la présentiez à celle qui la fait tourner ainsi, la première tournera à son tour le dos à celle qu'on lui présente.

## *Table magnétique.*

*Expérience.* — La *table magnétique*, nécessaire dans un grand nombre d'amusemens relatifs à l'aimant, est une table AB (fig. 107) dont le dessus est double, et renferme à son

centre un *cercle aimanté* C. ( V. fig. 97. ) Ce cercle mobile est mis en mouvement par un cordon de soie qui roule sur des poulies D, et descend dans un des pieds de la table, creusé à cet effet, et par un ressort E qui donne à ce cercle un mouvement en sens contraire.

*Expérience.* — Placez sur la table magnétique un bassin de cuivre, d'un diamètre un peu plus grand que celui du cercle magnétique; versez dans ce bassin trois à quatre pouces d'eau, et faites-y surnager, sur un morceau de liége dans lequel est placé un aimant en fer à cheval, une petite sirène, ou toute autre figure; en faisant tourner le cercle magnétique, la sirène, attirée par les pôles placés vers l'échancrure de ce cercle, en suivra les mouvemens. Une petite figure d'homme habillé en magicien, placée sur la table magique, a l'air de s'y promener circulairement, passe à travers un petit bâtiment placé sur la circonférence du cercle aimanté, en ouvre les portes, qui se referment au moyen d'un ressort : tout cela a l'air animé.

*Expérience.* — Placez dans un bocal de 4 à 5 pouces de diamètre et de 6 pouces de hauteur, contenant 3 à 4 pouces d'eau, une petite figure d'homme qui ait l'air de surnager, et qui soit traversée par un petit barreau magnétique; en mettant ce bocal sur la table magnétique, et en faisant tourner le cercle, quand les pôles contraires se rencontrent, la figure

descend et plonge au fond du bocal, soit par les pieds, soit par la tête, suivant la situation de ces pôles.

*Expérience.* — En plaçant dans l'intérieur du cercle magnétique quatre lames aimantées, et mobiles sur des pivots ( fig. 108 ), ces lames suivront les mouvemens du cercle, et feront un demi-tour quand le cercle fera un tour entier, un quart de tour quand le cercle ne fera qu'un demi-tour; elles iront et viendront enfin comme ce cercle, si vous donnez à celui-ci un mouvement oscillatoire. Si vous élevez sur les chapes de ces aiguilles des fils de laiton, et que vous adaptiez des figures légères d'hommes et de femmes, elles auront l'air de danser. On a donné à cette jolie expérience le nom de *danse magnétique.*

J'ai décrit les principales récréations sur l'aimant : celles que je n'ai point rapportées n'en sont que des variétés ou des modifications; telles que *la boîte aux chiffres, la boîte aux métaux, la boîte aux fleurs, l'arithmétique magnétique, le cadran magnétique, l'anagramme magique, l'oracle merveilleux, la mouche savante*, etc., etc. Ces expériences sont si nombreuses, qu'il faudrait plusieurs volumes de texte et de planches pour en traiter avec toute l'étendue dont le sujet est susceptible. *L'Ars magnetica* du P. Kircher, et le traité de *Magnete* de Scarella, sont, sous ce rapport, de très-bons modèles à suivre.

### *Propriétés médicales de l'aimant.*

L'aimant a été proposé comme un médicament utile dans le traitement de diverses maladies, tantôt comme stimulant, tantôt comme antispasmodique. Les topiques de poudre d'aimant ont été autrefois préconisés dans le traitement des plaies, pour en attirer le fer, que l'on regardait alors comme une substance vénéneuse. Cette pratique, fondée sur les vertus de cette substance, est généralement abandonnée et proscrite par la chirurgie moderne. Les emplâtres magnétiques, encore employées dans d'autres circonstances, ne figurent plus que parmi les chimères ou les prétendus secrets de la médecine. L'aimant a été employé avec un succès plus avéré dans le traitement des maladies nerveuses. Cette substance est un véritable calmant des affections spasmodiques, quelquefois si douloureuses, si opiniâtres, et d'un diagnostique si obscur. Il suffit souvent d'approcher un barreau aimanté, et placé dans son méridien magnétique, près d'une dent douloureuse, pour calmer sur-le-champ la douleur. On a vu également disparaître, comme par enchantement, par l'application des plaques aimantées sur la peau, des spasmes, des convulsions, des crampes, des névralgies, des palpitations, des toux nerveuses, et d'autres maladies dépendant de l'irri-

tation des nerfs. Mais jamais, ou presque jamais, l'aimant ne guérit d'une manière radicale ou permanente; il déplace la douleur, qui se porte ailleurs, et revient à son premier siége.

On donne à l'aimant la forme de plaques, de colliers, de bracelets, de jarretières, de bagues, de ceintures. On donne le nom d'*armures magnétiques* à un assemblage de plaques ou de barreaux aimantés.

### *Magnétisme animal, Mesmérisme.*

La connaissance du magnétisme minéral a fait naître l'idée du magnétisme animal, idée qui existait avant Mesmer, et que celui-ci n'a fait que renouveler, en faisant de cette doctrine, qui n'est fondée sur rien de certain ni d'évident, et qui ne soutient pas aujourd'hui l'examen de la raison, une chose en apparence réelle, et que protégèrent de tout leur pouvoir et de leur autorité des hommes puissans, et même des hommes d'esprit et des savans. J'ai vu tous les prestiges, tous les miracles du magnétisme animal; je me suis soumis à toutes ses influences, avec le sentiment d'un homme qui observe, et la bonne foi prête à se rendre à l'évidence. Mes observations m'ont porté à confesser hautement, et en face du plus zélé défenseur de cette doctrine, qu'elle n'est qu'un véritable charlatanisme, à jamais indigne du nom de science; qu'elle ne

peut avoir pour prôneurs que des hommes intéressés à tromper, que des esprits faibles, faciles à séduire, entachés de la plus grossière ignorance et de la plus servile crédulité. Un philosophe célèbre a dit : « Qu'on me donne douze hommes persuadés qu'il fait nuit en plein jour, je veux le persuader au monde entier. » Voilà toute la merveille du mesmérisme ou du magnétisme animal, de cette science à miracles qui reparaît dans un siècle où la foi manque aux miracles de ce genre. On doit se méfier de cette merveilleuse clairvoyance qui fait lire dans la pensée d'autrui et à travers un corps opaque, qui connaît infailliblement la cause des maladies et leurs remèdes. Pour l'honneur de la philosophie, on ne doit croire que ce qui est évidemment démontré, ou ce qui n'est pas du moins tout-à-fait incompatible avec l'ordre immuable de la nature.

FIN DES RÉCRÉATIONS DE PHYSIQUE.

# RÉCRÉATIONS

## DE CHIMIE.

# RÉCRÉATIONS

# De Chimie.

## DES GAZ.

Les *gaz* sont des fluides aériformes, ayant la plus grande ressemblance avec l'air atmosphérique, et jouissant de la plupart de ses propriétés, telles que sa légèreté, sa transparence et son invisibilité, sa compressibilité, son expansibilité et son élasticité; mais ayant des propriétés chimiques toutes différentes, et qui les distinguent essentiellement : la plupart éteignent les corps en ignition, et ne peuvent servir à la respiration. Quelques gaz sont tout formés dans la nature, tels que l'oxigène, l'azote, l'hydrogène, l'acide carbonique, etc.; d'autres sont toujours fournis par l'art, tels que le protoxide et le deutoxide d'azote, le gaz chlore, etc. La plupart de ces gaz sont permanens, et gardent au moins cet état dans un air libre; d'autres gardent leur état aériforme ou gazeux sous une forte compression, ou quand on les expose à

une température beaucoup plus basse que celle qui est nécessaire pour les tenir en expansion.

## DE L'OXIGÈNE.

L'oxigène est un gaz sans couleur, sans odeur et sans saveur sensibles; un peu plus pesant que l'air, insoluble à l'eau; se combinant avec tous les autres corps, et principalement avec les métaux; produisant avec eux ces sels métalliques diversement colorés, que les chimistes appellent oxides, et auxquels le vulgaire donne le nom de *rouille;* augmentant sensiblement, par cette combinaison, la pesanteur de ces corps. L'oxigène devient, par sa combinaison avec les matières ligneuses, et tous les produits animaux et végétaux, les huiles, les térébenthines, les graisses, etc., l'élément essentiel de leur combustion. La combustion a toujours lieu avec dégagement de calorique, et quelquefois de lumière, qui n'en est qu'une modification. La flamme n'est qu'une matière gazeuse, chauffée au point de devenir lumière; si la matière gazeuse ne se dégage pas, le corps solide paraît être seulement lumineux, et d'une couleur ordinairement blanche ou rouge-cerise.

### *Moyen d'obtenir l'oxigène.*

Emplissez presque entièrement une cornue de manganèse (oxide ou peroxide de manganèse) réduite en poudre; adaptez à son col un tube de

verre recourbé, et dont l'autre extrémité plonge dans une cuve pleine d'eau (1); chauffez la cornue jusqu'au rouge; laissez dégager environ un litre du premier gaz; recevez celui qui se dégage ensuite dans une bouteille pleine d'eau et renversée : l'oxigène chasse l'eau, et prend sa place. ( Voyez cet appareil, fig. 110. )

L'addition de l'acide sulfurique à la manganèse favorise le dégagement de ce gaz : cette addition n'exige qu'une douce chaleur.

On obtient encore l'oxigène très-pur, en chauffant dans une cornue du muriate sur-oxigéné de potasse ( chlorate de potasse ), et en recueillant le gaz au moyen de l'appareil décrit ci-dessus.

### *Usage de l'oxigène.*

Le gaz oxigène est d'une très-grande importance dans un grand nombre de phénomènes naturels. Il entre comme élément dans la composition de l'air et de l'eau; respiré, il colore le sang, produit la chaleur et entretient la vie; il est l'agent essentiel de l'oxidation et de la combustion : sa présence est essentielle dans la végétation, dans la germination, la nutrition et la fructification. On a remarqué que toutes les parties des végétaux, et principalement les feuilles et les fleurs, dégagent, quand elles sont exposées au soleil, beaucoup de gaz oxigène, et que

(1) Cuve pneumato-chimique.

dans l'ombre et l'obscurité elles dégagent du gaz acide carbonique, qui n'est ni respirable, ni propre à entretenir la vie : c'est au printemps que le dégagement de l'oxigène par les végétaux a lieu avec le plus d'abondance, surtout à la suite d'une pluie légère. L'air parfumé que l'on respire alors augmente la vie, et imprime une activité nouvelle à l'imagination : cet air est alors souverainement salutaire aux convalescens et aux mélancoliques. Les médecins ont depuis long-temps reconnu les bons effets de l'oxigène respiré, à l'état gazeux, dans le traitement des maladies caractérisées par l'atonie ou la faiblesse ; telles que les adynamies, les maladies lymphatiques et scorbutiques, la chlorose, la phthisie pulmonaire, etc. M. le professeur Chaptal dit s'être servi avec le plus grand succès du gaz oxigène, qu'il fit respirer dans une phthisie parvenue au dernier degré : la vie du malade fut prolongée par ce seul moyen (1).

L'importance du gaz oxigène, comme un des principes de l'air propre à l'entretien de la respiration, doit rendre l'homme très-attentif à se procurer cet air constamment pur et pourvu de cet élément nécessaire à la vie. Il doit habiter une chambre qui ait au moins 20 pieds en tous sens ( 8000 pieds cubes ), en renouveler l'air deux fois par jour, et y entretenir, l'hiver, un

(1) Chaptal, *Élémens de Chimie*, tome 1.

feu de cheminée qui produise un courant très-rapide ; il doit dormir dans un lit sans rideaux fermés, et ne jamais brûler de charbon au sein d'un appartement clos.

*Expériences propres à constater la propriété éminemment vitale et inflammable de l'oxigène.*

*Expérience.*—Respirez, au moyen d'une vessie, du gaz oxigène ; mêlez de moitié son volume d'air atmosphérique, vous éprouverez bientôt une douce chaleur dans la poitrine ; le pouls s'élèvera et battra avec plus de force et de rapidité ; toutes les fonctions s'activeront, et on éprouvera une légère ivresse.

*Expérience.* — Si l'on asphyxie un animal dans le gaz acide carbonique, il reviendra à la vie, si on le plonge aussitôt dans le gaz oxigène.

*Expérience.* — Le sang tiré des veines est ordinairement d'un bleu noirâtre ; si on l'agite dans une fiole contenant du gaz oxigène, il prend une couleur rutilante et vermeille.

*Expérience.* — Plongez dans le même gaz une bougie qui vient d'être éteinte, elle se rallumera aussitôt : un charbon presque éteint y brûle avec une vive lumière.

*Expérience.* — Prenez un fil de fer recuit et tourné en spirale lâche ; attachez ce fil à un bouchon, et fixez à l'autre extrémité un morceau d'amadou ; allumez-le, et plongez le fil

dans un flacon rempli d'oxigène, le fil de fer brûle aussitôt en répandant une flamme vive et éblouissante. On trouve au fond du vase, où on a eu la précaution de mettre un peu d'eau, le fer en grenailles oxidées, assez semblables à celles qui proviennent du choc du briquet par la pierre à fusil.

*Expérience.* — Si l'on comprime le gaz oxigène dans une pompe dont le corps soit en verre, il dégage de la lumière, et produit une chaleur assez forte pour enflammer le papier et le linge : cet effet de la compression est dû en partie au calorique, dont les molécules se rapprochent et se concentrent. Nous avons vu, en parlant de l'air, le même phénomène produit par la compression de ce fluide, au moyen de cette machine, appelée *briquet pneumatique.*

*Expérience.* — On parvient au moyen du gaz oxigène à fondre ou à volatiliser les corps les plus durs, en dirigeant un jet de ce gaz sur le corps soumis à l'expérience, et que l'on maintient ordinairement sur un morceau de charbon à soudure.

### *Expérience des trois flambeaux.*

*Expérience.* — Allumez trois flambeaux de 3 à 4 pouces de différence en hauteur; placez-les dans un bocal de verre, dont l'ouverture inférieure repose sur une surface couverte d'un pouce d'eau, ces flambeaux s'éteindront

en quelques secondes, et successivement, à commencer par le plus élevé. L'explication de ce phénomène est fort simple : l'ignition absorbe en peu d'instans l'oxigène renfermé dans le bocal, seule partie constituante de l'air propre à entretenir la flamme ; comme ce gaz est plus pesant que l'air, les couches supérieures sont absorbées avant les couches inférieures, et les flambeaux les plus élevés s'éteignent par conséquent les premiers.

*Expérience.* — Eau oxigénée. — L'eau absorbe une grande quantité de gaz oxigène : M. Thénard est parvenu à lui en faire contenir 850 fois son volume. Dans cet état sa densité est de 1,453 ; sa saveur est désagréablement acerbe et assez analogue à celle de l'émétique : elle attaque l'épiderme, le blanchit, et finirait par le détruire. En en répandant quelques gouttes sur de l'oxide d'argent bien sec, cet oxide s'échauffe, s'enflamme, et détone avec violence.

### *Détonation d'un mélange de gaz oxigène et hydrogène, ou air tonnant.*

Mettez dans un flacon de tôle ou de ferblanc, terminé par une large ouverture, une partie en volume de gaz oxigène et deux de gaz hydrogène ; enflammez le mélange, il détonera avec violence, et dans la combustion il se formera de l'eau. Introduisez ce gaz, au moyen d'une vessie, dans de l'eau de savon, il

remplira les bulles qui s'élèvent à la surface ; en les enflammant, elles détoneront fortement. Des bulles de savon flottant dans l'air, et remplies de ce gaz, produisent la même explosion. Ce phénomène offre en petit l'image des orages. Les nuages renferment une quantité immense de gaz tonnant, que l'étincelle électrique enflamme; une violente détonation et une ondée de pluie en sont les résultats immédiats : l'inflammation, voilà l'éclair ; la détonation, le tonnerre ; l'ondée est la masse d'eau produite par la combustion instantanée des gaz, essentiellement générateurs de l'eau, composée, comme on le sait, de 89 parties de gaz oxigène et de 11 de gaz hydrogène. La combustion de ces deux gaz produit une chaleur à laquelle rien n'est comparable ; elle brûle, fond, vitrifie, volatilise les corps les plus réfractaires. On se sert avec avantage du courant de ces deux gaz dans plusieurs expériences de chimie et de docimasie.

## GAZ HYDROGÈNE.

Le gaz hydrogène est un fluide aériforme, transparent, invisible, ayant une odeur un peu désagréable ; il est inflammable, il éteint les corps en ignition, et asphyxie, suffoque les animaux auxquels on le fait respirer. C'est le plus léger des gaz connus : l'air pesant 10,000, le gaz hydrogène ne pèse que 0,0688, environ

13 fois moins. Quand ce gaz est pur, il brûle tranquillement avec une flamme bleuâtre; mais, si on le mêle à trois fois son volume d'air atmosphérique ou à du gaz oxigène, il détone avec la plus grande violence. Ce gaz est un des principes générateurs de l'eau. Les matières animales et végétales le contiennent en plus ou moins grande proportion ; il s'exhale des mines et des eaux bourbeuses. Enfoncez un bâton dans la vase corrompue; retirez-le, et recevez dans un bocal renversé, à large col, et rempli d'eau, les bulles qui s'élèvent à la surface du liquide, vous aurez du gaz hydrogène très-impur.

On obtient de l'hydrogène par un procédé chimique fort simple : mettez dans une bouteille 7 à 8 gros de limaille ou de rognures de fer ; versez dessus de l'acide sulfurique ou muriatique, étendus de six à sept fois leur volume d'eau ; recevez au moyen de l'appareil pneumato-chimique le gaz qui se dégage, c'est de l'hydrogène. Dans cette opération l'eau se décompose, son oxigène se porte sur le métal, et l'hydrogène libre s'élève au-dessus du liquide.

C'est sur la légèreté reconnue au gaz hydrogène, et sur sa faculté de s'élever au-dessus des couches de l'atmosphère, qu'est fondée toute la théorie des ballons ou aérostats.

Les premiers aérostats, dont on doit la découverte à Montgolfier, ont été élevés dans l'air au moyen de la fumée de paille mouillée et

de matières animales, qui, en dilatant l'air renfermé dans le ballon, et en le raréfiant, le rendaient plus léger que l'air extérieur, au sein duquel la machine s'élève. On a abandonné ce procédé, qui ne sert plus que pour lancer des ballons de papier ou de baudruche, et comme un simple amusement. C'est néanmoins à l'aide de cette vapeur que Montgolfier fit les premières expériences aérostatiques vers la fin du dernier siècle (1782), et c'est peu après cette étonnante découverte que Pilâtre-des-Rosiers et Darlandes s'élevèrent dans un ballon libre, et donnèrent le spectacle du premier voyage que l'homme ait osé tenter à travers les airs. Peu d'années après ces expériences extraordinaires, Charles proposa de substituer le gaz hydrogène à l'air dilaté par la chaleur. Ce procédé, beaucoup moins dangereux que le premier, est le seul employé aujourd'hui dans les grandes ascensions. Nous devons au même physicien l'importante substitution du taffetas gommé à la toile et au papier, l'une trop pesante, l'autre beaucoup trop faible pour résister long-temps à la pression et à l'humidité de l'atmosphère. C'est encore à la même époque (car la perfection des aérostats a suivi de près celle de leur découverte) que les physiciens, ayant reconnu que le gaz qui remplit les ballons, moins comprimé dans les couches supérieures de l'atmosphère, se dilate de manière à faire craindre leur rupture, adaptèrent très-ingénieusement à la

partie supérieure, une soupape que l'aéronaute peut ouvrir et fermer à volonté; de sorte qu'il peut prévenir tout accident relatif à la trop grande dilatation du gaz, arrêter l'ascension de l'aérostat, et le faire descendre vers la terre.

L'invention des aérostats, tout étonnante, tout admirable qu'elle est, est loin de répondre, sous le rapport de l'utilité, aux gigantesques espérances que l'on fondait sur elle. Le ballon lancé dans l'atmosphère flotte au gré des vents et des courans souvent opposés. On n'est point encore parvenu à gouverner ce vaisseau aérien, qui n'est encore qu'un simple objet de curiosité : et un exemple ajouté à mille autres exemples du génie inventif de l'homme et de son intrépidité (1).

Le gaz hydrogène produisant une flamme légère, bleuâtre et brillante, on se sert de ce gaz pour l'éclairage. C'est à un Champenois appelé Lebon qu'il faut savoir gré de cette découverte, que les Anglais, après s'en être emparés, n'ont fait que perfectionner.

Le gaz pour l'éclairage est extrait du charbon

(1) *Nil mortalibus arduum est,*
*Cœlum ipsum petimus stultitiâ.* HORACE.

« Rien ne paraît impossible à l'homme; il essaie même, dans sa » témérité, d'escalader les cieux. »

M. Gay-Lussac s'est élevé, en 1801, à 3,573 toises ou 21,938 pieds au-dessus de Paris : c'est la plus grande élévation à laquelle l'homme soit parvenu; elle est de 1,100 toises au-dessus du Mont-Blanc, la plus haute montagne de l'Europe.

de terre ou de l'huile. Une expérience bien facile donnera l'idée de l'appareil employé pour l'extraire. Remplissez une pipe de houille pilée, fermez-en l'ouverture avec un lit de terre glaise, faites sécher ce lut; mettez ensuite la pipe au feu, et faites-la chauffer graduellement; après quelques minutes, il sortira par le tuyau, 1° un fluide qui s'enflammera quand on en approchera une bougie allumée; 2° un fluide aqueux d'une forte odeur empyreumatique; 3° une huile tenace ou du goudron; 4° enfin, quand le fluide cessera de se dégager, en brisant la pipe, on y trouvera une substance grisâtre, sèche, sonore, privée de bitume : c'est le *coke* ou *coak*, houille charbonnée ou charbon de terre purifié, employé avec succès dans l'économie domestique, pour la cuisine et le chauffage, et dans la métallurgie. Voilà le diminutif du grand appareil à gaz. Au moyen de cet appareil, la houille est chauffée dans de grands vases de fonte; le gaz, après s'être purifié, en passant par divers milieux, et particulièrement dans l'eau de chaux qui lui enlève l'acide carbonique et l'hydrogène sulfuré, se rend dans un grand réservoir (gazomètre), et de là dans des tuyaux qui le transportent à de grandes distances. Le gaz s'échappe au moyen de robinets, et s'élève par sa légèreté spécifique; il s'enflamme et brûle paisiblement, en répandant beaucoup de lumière et de chaleur. Quand

le gaz est pur, il ne répand presque aucune odeur, et n'est point salissant; dans cet état il ne noircirait pas même une feuille de papier blanc placée au-dessus de la flamme. L'éclairage par le gaz ne nuit ni à la vue ni aux poumons. Il y a long-temps que l'on a répondu victorieusement aux fausses assertions du vulgaire, relativement au gaz, et aux argumens des hommes ennemis de toute innovation.

L'éclairage au moyen du gaz tiré de l'huile semble mériter quelque préférence sur celui du gaz de houille, en ce qu'il est plus économique, qu'il éclaire mieux, et qu'il ne répand aucune odeur désagréable.

Si l'on fait dégager le gaz hydrogène dans une bouteille à parois épaisses, d'après le procédé que nous avons indiqué; en approchant de cette bouteille un corps enflammé, le gaz détone avec force : quelques minutes après on peut renouveler cette expérience, et ainsi plusieurs fois de suite. Pour prévenir tout danger, on enveloppe la bouteille d'un linge. On peut faire détoner ce gaz par l'étincelle électrique, comme je l'ai indiqué dans les récréations physiques.

*Gaz hydrogène phosphoré.* On prépare ce gaz de la manière suivante : on réduit de la chaux en poudre; on l'humecte, et on la réduit en bouillie; on y ajoute à peu près

la deuxième partie de phosphore coupé, dans l'eau, en petits fragmens; on met le tout dans une cornue à laquelle on adapte un tube recourbé; on place le tout dans l'appareil pneumato-chimique, et l'on chauffe la cornue avec une lampe à esprit : le gaz sort bientôt par le tube, et s'enflamme par le contact de l'air; on le recouvre au moyen de la cloche dont on se sert dans ces sortes d'opérations.

Le gaz hydrogène phosphoré est extrêmement remarquable par la propriété qu'il a de s'enflammer. Quand on le laisse échapper dans l'air, il produit une flamme très-brillante et une vapeur qui prend la forme d'un cercle.

*Gaz ammoniac.* Remplissez une cornue d'un mélange à parties égales de chaux vive et de sel ammoniac réduits en poudre; chauffez graduellement, et procédez à l'extraction du gaz, au moyen de l'appareil au mercure (1) : la chaux s'empare de l'acide muriatique du sel, et l'ammoniac se dégage.

*Expérience.*—Remplissez une éprouvette (petite cloche de verre) de gaz ammoniac bien sec, faites-y passer 7 à 8 bulles de vapeur de chlore (ac. mur. oxigéné), il se formera, par le mélange de ces deux gaz, un nuage de vapeurs blanches, sillonné par une lumière vive.

(1) C'est l'appareil pneumato-chimique, dont le mercure a remplacé l'eau.

*Gaz protoxide d'azote.—Gaz exhilarant ou réjouissant.* — Mettez dans une petite cornue deux à trois gros de nitrate d'ammoniaque ; adaptez-y un tube, et soumettez à l'appareil pneumato-chimique ; chauffez à la lampe à esprit : le nitrate se fond, le matras se remplit de vapeurs blanches ; alors le gaz se dégage.

Ce gaz est incolore ; il a une légère saveur sucrée, et une odeur qui n'est pas désagréable : il favorise la combustion ; mais il n'est pas propre à la respiration. Quand on le respire, il occasione une espèce d'ivresse, accompagnée de chatouillemens agréables, de frémissemens, et de singulières illusions optiques, qui font paraître tous les objets resplendissans d'une vive lumière. Mais tout le monde n'en éprouve pas d'aussi bons effets : il y a des personnes qui en sont désagréablement affectées, et qui, après l'avoir respiré, ont des défaillances et sont menacées de coups de sang.

*Gaz carbonique. — Gaz aérien. — Gaz sylvestre. — Gaz méphitique.*

Ce gaz, un des plus abondans dans la nature, est sans couleur, sans odeur, d'une saveur légèrement acidulée ; il est plus lourd que l'air atmosphérique (comme 1,524 à 1,0000) ; il est compressible comme lui. Ce gaz éteint les corps enflammés, et asphyxie l'homme et les

rique ); chauffez avec la lampe à esprit; recevez le gaz qui se dégage, au moyen de l'appareil pneumato-chimique. Ce gaz est d'un jaune verdâtre, d'une odeur forte et piquante. Il pèse plus de deux fois plus que l'air (comme 10,000 à 2,470); il éteint les corps enflammés, et fait périr très-promptement les animaux qu'on y plonge. Le chlore se combine avec l'oxigène, l'hydrogène, le soufre, le phosphore, l'azote, les métaux, etc.

*Expérience.* — Jetez dans un bocal rempli de chlore quelques pincées de zinc ou d'antimoine pulvérisés, ces métaux rougissent aussitôt, et brûlent en répandant une lumière éclatante.

*Expérience.* — Remplissez un flacon d'un volume égal de chlore et d'hydrogène, en exposant ce flacon aux rayons du soleil, ces gaz s'enflamment et détonent aussitôt.

*Expérience.* — Exposez à la vapeur du chlore divers morceaux mouillés, de linge, de fil ou de lin écrus, colorés ou salis, ils perdront leur principe colorant, et blanchiront. On se sert de ce moyen dans les manufactures, pour blanchir en grand et à peu de frais.

*Expérience.* — Le gaz chlore répandu au milieu d'un air vicié par des exhalaisons malsaines, les neutralise, désinfecte l'air et le rend propre à la respiration (1).

(1) Nous devons au célèbre Guyton-Morveau toutes les expériences

*Chlorure d'azote ou huile dit détonante.* Placez dans un bassin contenant une solution de nitrate ou d'hydro-chlorate d'ammoniaque un peu chaude, une petite cloche remplie de chlore, le gaz se condense, et la liqueur monte dans la cloche. Une pellicule huileuse très-mince se forme à la surface du liquide; cette pellicule s'épaissit, se forme en globules qui se précipitent. Cette matière détone avec la plus grande promptitude à la température de l'eau bouillante (80° R. ou 100° centig.), ou quand on l'approche des corps combustibles froids, tels que l'huile; et il ne faut qu'un globule de la grosseur d'une tête d'épingle de cette matière, en contact avec de l'huile d'olive, pour mettre en pièces le vase qui la contient. Mais ni l'éther, ni l'alkool, substances éminemment inflammables, ni le charbon, ne peuvent déterminer l'explosion de ce singulier corps.

Les expériences que l'on fait avec l'huile détonante sont fort dangereuses; on doit y apporter beaucoup de prudence. M. Dulong, qui découvrit ce composé chimique en 1811, faillit en être la victime.

*Gaz oxide de chlore.* Mettez dans une fiole ou dans un matras un gros de chlorate de po-

relatives à cette partie si intéressante de l'hygiène. Je renvoie à son ouvrage, qui devrait être dans toutes les bibliothèques des médecins et des hommes philantropes.

tasse et quatre gros d'acide muriatique (hydro-chlorique); adaptez à l'appareil pneumato-chimique au mercure; chauffez légèrement le mélange, le chlorate se décompose, et le gaz oxide de chlore passe sous la cloche : on laisse ce gaz quelques heures en contact avec le mercure, afin de faire absorber le chlore.

*Expérience.* — Remplissez une fiole de gaz oxide de chlore, appliquez la main à la surface, la chaleur sera assez forte pour le faire détoner.

*Expérience.* — Jetez un morceau de phosphore dans un vase rempli de ce gaz, il y aura à l'instant explosion et un vif dégagement de lumière. Un morceau de soufre détone et s'enflamme également, mais après un long laps de temps.

*Expérience.* — *Fluides invisibles qui produisent une nuée blanche quand on les approche l'un de l'autre.*

Mouillez l'intérieur d'un verre avec de l'acide muriatique, et l'intérieur d'un autre verre avec de l'ammoniaque liquide : tenus éloignés, ces deux verres paraîtront vides; en les rapprochant ou en les renversant l'un sur l'autre, il se formera à l'intérieur une vapeur épaisse, blanche, qui déposera des cristaux de sel ammoniac (hydro-chlorate d'ammoniaque).

## *Réactifs.*

On donne ce nom aux agens dont on fait usage pour constater la présence d'autres corps. Si l'on verse dans de l'eau de chaux de l'acide sulfurique ou muriatique, cette eau blanchit par la combinaison de ces acides avec la chaux; il se forme à l'instant un sulfate ou un muriate de chaux qui précipitent, les acides sulfurique et muriatique agissant ici comme réactifs.

Les réactifs les plus employés sont : la décoction de feuilles de chou rouge *(brassica rubra)* ou teinture de chou;

L'infusion ou teinture de bois de Brésil;

L'infusion ou teinture de noix de galles;

La teinture ou le papier de safran;

La teinture ou le papier de tournesol;

La teinture ou le papier de Curcuma;

Le sirop de violette;

L'eau de chaux, de baryte, de potasse, de soude, d'ammoniaque;

Les acides sulfurique, nitrique, muriatique, oxalique, etc.;

Les différens sulfates de potasse, de soude, de magnésie, etc.;

Le muriate (hydro-chlorate) de chaux;

L'hydro-cyanate (prussiate) de potasse,

Le nitrate d'argent;

Le sulfate de fer;

L'acétate de plomb ;
L'alkool ;
L'eau, etc.

*Expérience.* — Réactif pour les acides. — Trempez dans un acide ou dans une eau acidulée un morceau de papier de tournesol, ce papier bleu prendra une couleur rouge. Le sirop de violette, versé dans le même acide, se colorera également en rouge.

*Expérience.* — Réactif pour les alkalis. — Plongez dans une eau alkaline un morceau de papier teint de safran, il prendra aussitôt une couleur brune. Le papier de tournesol et le sirop de violette verdissent.

*Expérience.* — Réactif pour le fer. — Dans une eau ferrugineuse, ou l'eau dans laquelle on a fait dissoudre du sulfate de fer, versez quelques gouttes de teinture de noix de galles, la couleur de l'eau sera altérée, deviendra rose ou brune, et, si le fer est abondant, il y aura un précipité de poudre noire. L'eau chargée de fer carbonaté prendra une teinte violette.

Le prussiate ( hydro-cyanate ) de potasse donne, par sa combinaison avec l'eau ferrugineuse, un précipité bleu.

*Expérience.* — Réactif pour le cuivre. — Faites dissoudre 3 à 4 grains de sulfate de cuivre ( vitriol bleu ) dans un verre d'eau, ajoutez-y une petite quantité d'ammoniaque, le mélange prendra une belle couleur bleu-sa-

phir (1). L'ammoniaque est le meilleur réactif pour constater la présence du cuivre partout où se rencontre ce métal dangereux.

*Expérience.* — RÉACTIF POUR LE PLOMB. — Versez dans une dissolution de plomb quelques gouttes de dissolution de sulfate de potasse ou de soude dans l'eau, il se formera de suite un précipité blanc. Ce réactif est si puissant, qu'il rend sensible un millionième de plomb dissous dans l'eau.

*Expérience.* — RÉACTIF POUR L'ARSENIC. — Plongez dans le liquide que vous soupçonnez contenir de l'arsenic, un tube de verre trempé dans l'ammoniaque, et en même temps un autre tube trempé dans une dissolution de nitrate d'argent; un précipité jaune paraîtra au point de contact, et se déposera au fond du verre.

*Expérience.* — RÉACTIF POUR L'ARSENIC ET LE SUBLIMÉ CORROSIF. — Faites cuire de l'amidon récent; colorez sa gelée avec de l'*iode* (2), en assez grande quantité pour la colorer en bleu; délayez cette gelée dans l'eau : cette eau azurée

(1) Cette eau bleue est appelée *eau céleste* par les pharmaciens; ils en remplissent de grands bocaux, qu'ils mettent en *montre* devant leurs boutiques.

(2) Substance alkaline particulière, découverte il y a peu d'années dans les varechs ou algues marines; sa vapeur est d'une belle couleur pourpre, elle est 117 fois plus pesante que le gaz hydrogène. L'iode colore l'amidon en bleu, c'est le meilleur réactif pour en reconnaître la présence.

devient rougeâtre quand on y verse une dissolution d'arsenic ou de sublimé. L'acide sulfurique rétablit la couleur altérée par l'arsenic ; mais rien ne peut rétablir celle qui a été détruite par le sublimé.

*Expérience.*—Réactif pour la gélatine animale. — Faites dissoudre dans l'eau bouillante une très-petite quantité de colle forte ou de colle de poisson ; versez dans cette dissolution quelques gouttes de teinture de tan ( écorce de chêne, de saule, de sapin, racine de bistorte, de tormentille, etc., etc. ) ou de noix de galle, il se formera à l'instant un précipité floconneux. Cette expérience explique toute la théorie du tannage du cuir : la gélatine, enfermée dans les mailles de la peau, est précipitée en matière insoluble à l'eau, souple, et néanmoins assez ferme pour résister long-temps au frottement.

## *Changement des couleurs au moyen des réactifs.*

*Expérience.* — Prenez du phosphore très-pur et distillé avec soin ; faites-le fondre dans l'eau chaude, et laissez-le refroidir lentement, il se solidifie, et paraît d'une couleur jaune et demi-transparente : mais, si l'on verse le phosphore fondu dans l'eau froide, il devient noir en se refroidissant. Dans cet état il ne paraît pas avoir changé de nature ; car, en le faisant

fondre de nouveau, il reprend sa couleur jaune.

*Expérience.* — Si l'on tient long-temps du soufre en fusion, il prend une couleur rouge, et contracte en se refroidissant la mollesse de la cire; en le plongeant dans l'eau, il ne tarde pas à reprendre sa couleur et sa solidité ordinaires.

*Expérience.* — CHANGEMENT D'UNE COULEUR BLEUE, EN ROUGE, EN VERT, EN POURPRE. — Mettez dans deux verres de la teinture de chou rouge; si vous versez sur cette liqueur, qui est d'un bleu foncé, quelques gouttes d'acide sulfurique, elle prendra une couleur légèrement cramoisie; en versant dans l'autre verre une liqueur alkaline, une solution de potasse, de soude, de strontiane, de baryte, de l'ammoniaque, elle prendra une couleur verte. Si vous faites glisser sur les parois internes du verre quelques gouttes d'acide dans la couleur verte, la couleur cramoisie paraîtra au fond du verre, et sera couverte par une zone de liqueur pourpre; celle-ci par une zone de liqueur verte.

Si vous versez quelques gouttes d'ammoniaque au fond de la couleur cramoisie, ces trois zones paraîtront disposées dans un ordre inverse.

*Expérience.* — RENDRE BLEUE UNE LIQUEUR INCOLORE, ET LA DÉCOLORER ENSUITE. — Faites dissoudre dans l'eau du nitrate de cuivre, en quantité assez faible pour qu'elle n'en paraisse pas sensiblement colorée; ajoutez à cette liqueur

de l'ammoniaque liquide, qui est également sans couleur, à l'instant ces deux liqueurs prendront une teinture d'un beau bleu-saphir : cette couleur bleue disparaît par l'addition de quelques gouttes d'acides sulfurique, nitrique ou hydro-chlorique.

*Expérience.* — RENDRE NOIRES DEUX LIQUEURS TRANSPARENTES. — Versez dans une teinture de noix de galle quelques gouttes d'une dissolution de sulfate de fer, la liqueur noircira et deviendra opaque. C'est avec ces deux principes, le fer et l'acide gallique de la noix de galle, que l'on fait l'encre ; on y ajoute de la gomme, afin que le gallate de fer, qui résulte de la combinaison de ces principes, ne précipite pas.

*Expérience.* — FAIRE PARAITRE ET DISPARAITRE A VOLONTÉ LA COULEUR NOIRE DE L'ENCRE. — Versez sur de l'encre de l'acide sulfurique, il s'empare du fer, le précipite, et la liqueur devient transparente ; ajoutez à cette liqueur un peu de solution de potasse (sous-carbonate), ce principe se combine à l'acide sulfurique, neutralise son effet, et la liqueur reprend sa couleur noire.

*Expérience.* — FAIRE UNE EAU TRANSPARENTE AVEC DEUX LIQUEURS COLORÉES. — Faites dissoudre, pendant 5 à 6 jours, des parcelles de cuivre dans de l'ammoniaque liquide (dix grains par once) ; versez dans cette liqueur, qui est alors d'un bleu foncé, un peu d'acide sulfurique noirci par la lumière, l'acide s'emparera du

cuivre, et la liqueur deviendra transparente.

*Expérience.* — CHANGEMENS DE COULEURS DU MÊME LIQUIDE. —Mettez dans un verre d'eau quelques pincées de poudre de bois d'Inde, l'eau deviendra rouge et semblable à du vin. Si vous versez cette eau colorée dans un autre verre rincé avec du vinaigre, elle prendra la couleur jaune de l'eau-de-vie. Si vous y ajoutez un peu de potasse, cette eau reprendra sa couleur primitive. Enfin, si vous y ajoutez un peu d'alun, elle deviendra noire comme l'encre.

*Expérience.* — DÉTRUIRE ET FAIRE REPARAITRE LA COULEUR D'UN RUBAN. — Mêlez une once d'eau-forte (acide nitrique) à huit onces d'eau; si dans ce mélange vous plongez un ruban rose, sa couleur disparaîtra; elle reparaîtra en plongeant le ruban dans un verre d'eau qui tient de l'argile (terre glaise) en dissolution.

*Expérience.* — SINGULIÈRE PROPRIÉTÉ DE LA TEINTURE DU BOIS NÉPHRÉTIQUE. — Faites infuser sur un bain de sable, pendant 24 heures, dans une suffisante quantité d'eau distillée, des copeaux de bois néphrétique (*guilandina moringa* L.); décantez la liqueur, filtrez-la et mettez-la dans une fiole de verre blanc : si vous placez cette fiole entre l'œil et la lumière, cette teinture paraît de couleur jaune; en tournant le dos à la lumière, elle paraît bleue : un acide ajouté à la liqueur lui donne une couleur dorée fixe. Elle revient à son premier état

en ajoutant un peu de dissolution de soude, de potasse ou de tout autre alkali.

*Expérience.* — FAIRE DISPARAITRE LA COULEUR D'UNE ROSE. — Exposez une rose épanouie à la vapeur du soufre enflammé, elle se décolorera; si vous mettez ensuite sa tige dans l'eau, elle reprendra sa couleur après plusieurs heures. Si l'on n'expose à cette vapeur que l'extrémité des pétales, la rose paraîtra panachée; si l'on trace sur ces pétales blanchis, des dessins avec une solution concentrée de soude, ces dessins prendront la couleur vert-émeraude; en dessinant avec de l'acide nitrique ou sulfurique étendus, les traits paraîtront rouges.

*Expérience.* — CHANGEMENT DE LA COULEUR DES VIOLETTES. — Plongez un bouquet de violettes dans un bocal rempli de gaz chlore (gaz muriatique oxigéné), à l'instant le bouquet se décolorera de manière à faire croire qu'on a pris des violettes blanches pour remplacer les violettes bleues.

*Expérience.* — EAUX COLORÉES. — *Eau rouge.* Décoction de bois de Fernambouc, ajoutez un peu d'alun.

*Eau jaune.* Faites dissoudre dans l'eau du chromate de potasse.

*Eau bleue.* Faites une dissolution d'ammoniure de cuivre. (Voyez pag. 347.)

*Eau verte.* Faites une dissolution de muriate de cuivre, ou bien versez de l'indigo dans

une dissolution jaune de chromate de potasse : on obtient ainsi toutes les nuances.

*Eau violette.* Etendez dans l'eau de la teinture alkoolique d'orseille.

*Eau noire.* Versez dans une dissolution de couperose verte ( sulfate de fer ) une infusion de noix de galle.

On dispose ces liqueurs colorées par zones ou par couches dissoutes dans le même bocal, en variant leur pesanteur spécifique par l'addition de l'alkool seul ou mélangé avec les liqueurs colorées : en versant, par exemple, avec beaucoup de légèreté, dans une fiole qui contient une couche d'eau bleue ou céleste, une couche de vin rouge, puis une couche de teinture alkoolique de safran, la liqueur renfermée dans la fiole offre trois zones.

*Encres à écrire, et des encres de sympathie.*

Rien n'est plus varié que la composition des encres, et il est rare qu'il s'en rencontre une bonne. Les anciens la fabriquaient différemment que nous ; les peuples modernes diffèrent presque tous dans cette préparation. Une bonne encre doit être assez liquide pour couler facilement de la plume; elle ne doit ni amollir la plume, ni corroder ou brûler le papier ; sa couleur doit être noire, foncée et uniforme ; elle doit

sécher promptement, et durer long-temps sans altération dans sa couleur.

La base de l'encre ordinaire est le fer et les astringens végétaux. De leur mélange à l'état d'infusion et de dissolution aqueuse, résulte une liqueur noire, dont on prévient la précipitation par l'addition de la gomme arabique : deux parties de matière astringente ( de noix de galle ), une de fer et 30 d'eau, sont les proportions qui paraissent les plus convenables pour obtenir une encre inaltérable et indélébile. Voici quelques recettes pour obtenir de l'encre excellente.

*Expérience.* — Mettez dans une bouteille de verre ou de grès, trois onces de noix de galle (1) pulvérisée, une once de bois de Campèche réduit en copeaux, une once de vitriol vert ( sulfate de fer ) (2), une once de gomme arabique, 7 à 8 clous de girofle concassés ; versez sur ces substances un demi-litre d'eau douce et autant de bon vinaigre ; laissez la bouteille près du feu ou derrière la plaque de la cheminée pendant dix jours ; remuez-la de temps en temps, et l'encre est faite.

Les clous de girofle empêchent l'encre de moisir : le vinaigre ajoute à l'intensité de sa couleur;

(1) Elles doivent être pesantes, fortement colorées en brun, et intactes : les meilleures noix viennent d'Alep.

(2) En faisant préalablement calciner le sulfate de fer jusqu'au blanc, dans un creuset, on obtient une encre d'un noir plus intense.

mais il a l'inconvénient de corroder la plume. On empêche également l'encre de moisir en ajoutant un peu de précipité rouge (d'eutoxide de mercure). On doit tenir cette encre dans une écritoire de verre ou de porcelaine ; celles de plomb, de cuivre ou de fer, décomposent l'encre, et sont attaquées par le vinaigre et l'acide sulfurique du sulfate de fer.

*Expérience.*—Mettez dans une bouteille une livre de noix de galle concassée, versez dessus cinq pintes d'eau claire et bouillante, laissez digérer le mélange pendant 15 jours sur un feu de cendre, ou derrière la plaque d'une cheminée où l'on fait du feu ; ajoutez ensuite quatre onces de couperose verte, ou vitriol vert (sulfate de fer), quatre onces de copeaux de bois de Campèche, une once d'alun, une once de sucre candi et quatre onces de gomme arabique ; laissez encore digérer ce mélange pendant dix jours, en le remuant deux fois par jour ; passez ensuite la liqueur à travers un linge : cette encre est excellente.

*Expérience.* — Encre inaltérable de Van-Mons. — Faites infuser pendant deux ou trois jours des noix de galle concassées dans du vinaigre de bière ; décantez la liqueur ; faites infuser le résidu dans l'eau froide ; réunissez ces deux infusions ; chauffez-les brusquement jusqu'à l'ébullition, puis laissez-les reposer 24 heures ; filtrez-les ; ajoutez ensuite de la gomme

et du sucre candi. Quand ces substances sont fondues, passez encore au filtre, et ajoutez, pour donner la couleur noire, du sulfate de fer réduit à l'état d'oxide rougi par la calcination ( colcotar ). Cette encre ne s'altère jamais, ne et s'épaissit point.

*Expérience.* — ENCRE INDÉLÉBILE DE WESTRUMB. — Faites bouillir dans trois livres d'eau une once de bois de Fernambouc et trois onces de noix de galle, jusqu'à la réduction de deux livres; versez cette décoction encore chaude sur une demi-once de sulfate de fer, un quart d'once de gomme arabique et autant de sucre blanc. Quand ces dernières substances sont fondues, ajoutez à la liqueur une once et un quart d'indigo réduit en poudre fine, et trois quarts d'once de noir de fumée délayé dans une once d'eau-de-vie.

*Expérience.* — On rend l'encre ordinaire indélébile en y délayant autant d'encre de la Chine qu'il en faudrait pour noircir une quantité égale d'eau.

*Expérience.* — ENCRE INDÉLÉBILE A L'USAGE DES CHIMISTES. — Prenez 60 parties d'huile essentielle de lavande, dix parties de gomme copale, et une partie de noir de lampe (1); faites dissoudre dans une fiole, sur un feu doux, la

(1) Noir de fumée de la mèche, recueilli en couvrant celle-ci d'un plat de faïence ou d'argent.

gomme copale dans l'huile de lavande ; mêlez à cette dissolution le noir de lampe. Quand on veut se servir de cette encre, on la remue avec un fil de fer ; et, si elle est trop épaisse, on y ajoute de l'essence de lavande ou de térébenthine.

Quand on a tracé des caractères, on fait évaporer l'essence par une légère chaleur ; il ne reste alors sur le papier qu'une couche de copale, sur laquelle l'eau, l'alkool, ni les acides, ni les alkalis n'ont aucune action : ce manuscrit peut subir toutes les opérations du blanchiment sans être altéré.

On compose une encre rouge également indélébile, avec 120 parties d'huile de lavande, 27 parties de copale, et 60 parties de cinabre.

*Expérience.* — Encre en poudre. — Poudre de noix de galle, poudre de gomme arabique, couperose verte. Prenez une quantité égale de ces substances; faites-les dissoudre dans de l'eau, du vin, du vinaigre ou de la bière, vous aurez de l'encre.

On peut faire une pâte de ces substances, et lui donner la forme d'une écritoire ; en y versant un peu d'eau, on a de l'encre sur-le-champ.

*Expérience.* — Encre imitant l'encre de la Chine. — Délayez du noir de lampe ou du noir de pêche ( noyaux de pêches carbonisés à vase clos ) dans de l'eau de gomme ; faites sécher : délayez de nouveau cette pâte dans du fiel de

bœuf purifié par l'ébullition et clarifié au blanc d'œuf.

*Expérience.* — ENCRE INDÉLÉBILE POUR MARQUER LE LINGE. — Faites dissoudre dans six gros d'eau distillée deux gros de pierre infernale ( sous-nitrate d'argent fondu ) ; ajoutez à cette solution deux gros de mucilage épais de gomme arabique.

Pour faire usage de cette encre, trempez les coins du linge que vous voulez marquer, dans un mordant composé ainsi : faites dissoudre dans quatre onces d'eau une demi-once de soude du commerce (sous-carbonate); ajoutez-y une demi-once de mucilage de gomme arabique.

Trempez le linge dans le mordant; faites sécher au feu; appliquez l'encre avec une grosse plume : les caractères, d'abord pâles, noirciront promptement à la lumière, surtout aux rayons du soleil. Ils sont indélébiles.

## *Encres de couleurs.*

*Expérience.* — ENCRE BLEUE. — Faites digérer dans un matras, pendant trois jours, sur un bain de sable, un mélange de crème de tartre et de vert-de-gris réduits en poudre, à la dose de chacun une once; ajoutez alors trois onces d'eau, et continuez de chauffer pendant six heures ; filtrez la liqueur et ajoutez-y un peu de gomme arabique, vous obtiendrez ainsi une encre d'un bleu superbe.

*Expérience.* — On obtient aussi une encre bleue en délayant dans de l'eau gommée du blanc de céruse et de l'indigo.

*Expérience.* — ENCRE ROUGE. — Faites bouillir dans un demi-litre d'eau, jusqu'à réduction de moitié, une once de bois de Fernambouc, deux gros d'alun et autant de crème de tartre; ajoutez à la décoction, après l'avoir filtrée, deux gros de gomme arabique et autant de sucre candi.

*Expérience.* — ENCRE CARMINÉE. — Versez sur six grains de carmin deux onces d'ammoniaque caustique; ajoutez-y vingt-quatre grains de gomme arabique blanche; laissez dissoudre le tout. Cette encre est fort belle, et presque indélébile.

*Expérience.* — ENCRE VIOLETTE. — Prenez trois onces de bois de Fernambouc, une once de bois d'Inde, une once d'alun et de gomme; procédez comme pour l'encre rouge.

*Expérience.* — ENCRE JAUNE. — Faites bouillir, une heure, dans une chopine d'eau, quatre onces de graines d'Avignon (*rhamnus infectorius*) et une demi-once d'alun; filtrez la liqueur, ajoutez-y un gros de gomme arabique.

*Expérience.* — ENCRE VERTE. — Faites bouillir dans une chopine d'eau, et dans un pot de terre vernissée, pendant une demi-heure, deux onces de vert-de-gris en poudre; écumez avec une spatule de bois; ajoutez une once de crème

de tartre, laissez encore bouillir un quart d'heure ; filtrez, faites bouillir de nouveau sur un feu modéré, jusqu'à la diminution d'un tiers.

*Expérience.* — ENCRE DE LA CHINE. — Faites dissoudre dans l'eau chaude de la colle forte très-pure ou de la colle de poisson ; précipitez-en une partie par l'infusion de noix de galle ; faites dissoudre ce précipité par l'ammoniaque ; faites avec cette dissolution et du noir de fumée fin ( noir léger fin ) une pâte, que l'on aromatise avec un peu de musc, pour lui donner plus de ressemblance avec la véritable encre de la Chine. On moule la pâte en pains oblongs, et l'on y trace des caractères dorés.

*Expérience.* — ENCRES SYMPATHIQUES. — On a donné ce nom emphatique aux couleurs colorées, avec lesquelles on trace des caractères sur du papier ou sur d'autres corps, lesquels caractères ne deviennent visibles que par l'addition d'un agent liquide, vaporeux, fluide ou pulvérulent.

*Expérience.* — ENCRE SYMPATHIQUE VERTE, DONT LES CARACTÈRES NE DEVIENNENT VISIBLES QUE PAR LA CHALEUR. — Ecrivez avec une dissolution d'hydro-chlorate de cobalt, ou muriate de cobalt (1),

(1) Mettez dans un matras une partie de cobalt et quatre parties d'eau régale ( acide nitro-muriatique ) ; faites chauffer modérément. Quand l'acide a cessé d'agir, ajoutez une partie de sel ( muriate de soude ) ; ajoutez ensuite seize parties d'eau, filtrez à travers le papier.

l'écriture devient invisible en séchant. En chauffant le papier, l'écriture prend une belle couleur verte. On peut faire paraître et disparaître à volonté l'écriture sur la même feuille.

*Expérience.* — ENCRE SYMPATHIQUE BLEUE, QUI DEVIENT VISIBLE PAR LA CHALEUR. — Versez sur une once de cobalt en poudre deux onces d'acide nitrique pur; faites dissoudre à une chaleur modérée. Quand la dissolution est complète, ajoutez peu à peu de la solution de potasse, jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité; décantez la liqueur; lavez le résidu dans l'eau distillée, jusqu'à ce qu'elle soit insipide; faites dissoudre ensuite ce résidu dans du vinaigre distillé, jusqu'à entière saturation.

*Expérience.* — ENCRE SYMPATHIQUE JAUNE, DONT LES CARACTÈRES DEVIENNENT APPARENS PAR LA CHALEUR. — Ecrivez avec une solution étendue de muriate de cuivre (hydro-chlorate). On obtient ce muriate en faisant une solution d'oxide brun ou deutoxide de cuivre, dans l'acide muriatique (hydro-chlorique).

*Expérience.* — ENCRE SYMPATHIQUE POURPRE, QUI NE DEVIENT VISIBLE QUE PAR LA CHALEUR. — Faites dissoudre dans quatre parties d'acide nitrique, une partie de cobalt; jetez-y un peu de sel de tartre (sous-carbonate de potasse) pour éviter une trop grande effervescence; laissez reposer; filtrez.

*Expérience.* — ENCRE SYMPATHIQUE ROSE. —

Faites une préparation semblable à la précédente ; mais employez du salpêtre ( nitrate de potasse ) bien pur, au lieu de sel de tartre.

*Expérience.* — Ecrivez avec de l'ammoniaque ( muriate liquide ) et l'acide sulfurique étendu d'eau, avec du lait, du suc d'ognon, de citron, d'euphorbe, etc. ; toutes ces écritures, comme les précédentes, ne paraîtront que quand on exposera le papier à la chaleur.

*Expérience.* — ENCRE DONT L'ÉCRITURE NE DEVIENT VISIBLE QU'A LA LUMIÈRE. — Faites dissoudre du nitrate d'argent dans l'eau, les caractères tracés avec cette solution ne paraissent que quand on les expose à la lumière, ou mieux aux rayons du soleil; ils prennent une couleur brune, puis une couleur noire.

*Expérience.* — ENCRE SYMPATHIQUE QUI NE DEVIENT VISIBLE QU'AU MOYEN D'UN RÉACTIF LIQUIDE. — Faites dissoudre des feuilles d'or dans de l'eau régale jusqu'à saturation ; faites une pareille dissolution d'étain ; écrivez avec la première liqueur affaiblie dans trois fois son poids d'eau commune, les caractères tracés avec le nitro-muriate d'or deviendront pourpres quand vous passerez dessus une éponge imbibée de muriate d'étain. On fera disparaître ces caractères en passant dessus de l'eau régale ; on les fera reparaître une seconde fois avec le muriate d'étain.

*Expérience.* — ENCRE SYMPATHIQUE QUI NE DEVIENT VISIBLE QUE QUAND ON PLONGE LE PAPIER DANS

L'EAU. — On produit ce phénomène en écrivant avec une solution étendue de nitrate de bismuth ou de mercure.

On produit le même phénomène en formant les caractères avec une solution d'alun dans l'eau, en écrivant sur du papier demi-collé; car, le papier étant mis dans l'eau, les caractères formés par l'alun resteront plus long-temps à s'imbiber, et paraîtront blancs sur un fond gris.

*Expérience.* — Ecrivez sur du papier fort et bien collé, avec un mélange de trois parties d'eau et d'une d'acide nitrique, l'écriture restera invisible, et ne paraîtra qu'en trempant le papier dans l'eau.

*Expérience.* — ENCRE SYMPATHIQUE D'ARGENT, QUI DEVIENT VISIBLE PAR L'ACTION DU GAZ HYDROGÈNE SULFURÉ. — Ecrivez sur un papier avec de l'eau végéto-minérale ( solution dans l'eau du sur-acétate de plomb ), cette écriture devient visible et paraît argentée quand on l'expose à la vapeur du gaz hydrogène sulfuré, ou qu'on en mouille les caractères avec de l'eau qui en est imprégnée.

*Expérience.* — ENCRE SYMPATHIQUE D'OR. — Tracez l'écriture avec une solution de nitrate de mercure d'un jaune pâle; plongez le papier dans une solution de sulfate de potasse.

*Expérience.* — ENCRE SYMPATHIQUE VERTE OU INVISIBLE, QUI DEVIENT BLEUE LORSQU'ON L'EXPOSE A UN AUTRE FLUIDE. — Tracez des caractères avec

une solution de sulfate de cuivre, ces caractères paraîtront verts si la solution est concentrée, et seront invisibles si la solution est étendue. Exposés à la vapeur de l'ammoniaque ou du gaz ammoniac, ces caractères paraîtront bleus; exposés au feu ou à l'air libre, ils disparaîtront.

*Expérience.* — ECRITURE INVISIBLE QUI DEVIENT BLEUE PAR L'APPLICATION D'UNE SOLUTION INCOLORE. — Ecrivez avec une solution de sulfate de fer; passez sur ces caractères, devenus invisibles, une solution de prussiate de potasse, ils deviendront bleus. On réussit de même en écrivant avec le prussiate de potasse, et en lavant avec le sulfate de fer.

*Expérience.* — ENCRE SYMPATHIQUE INVISIBLE, QUI DEVIENT NOIRE AU MOYEN D'UNE LIQUEUR INCOLORE. — Ecrivez avec une solution de sulfate de fer, et quand l'écriture est sèche, passez dessus une éponge imprégnée de teinture de noix de galle; ou bien écrivez avec cette teinture, et passez dessus de la solution de sulfate de fer. On sait que ces deux substances sont les élémens essentiels de l'encre commune.

*Expérience.* — ENCRE QUI SE COLORE DANS L'EAU. — Versez sur de l'encre ordinaire un peu d'acide nitrique ou sulfurique, elle se décolorera sur-le-champ; écrivez avec cette encre décolorée, et quand le papier sera sec, trempez-le dans l'eau, ou passez dessus une solution

de potasse, l'écriture reparaîtra d'une couleur noire.

## PHOSPHORES.

On appelle phosphores des substances qui s'enflamment spontanément quand on les expose à l'air tempéré ou un peu échauffé. Le plus remarquable, parmi les différens phosphores relatés dans les ouvrages de chimie, est le *phosphore* proprement dit : corps simple, et jusqu'à présent indécomposé, jaunâtre, demi-transparent, d'une consistance analogue à celle de la cire, et d'une odeur d'ail très-désagréable; se fondant et s'enflammant à quelques degrés au-dessus de la température du corps humain, soluble dans l'alkool et les huiles volatiles, presque insoluble dans l'eau.

On doit conserver cette substance dans de l'eau que l'on a purifiée par l'ébullition, et à l'abri de la lumière. Il faut la manier avec beaucoup de précaution, toujours dans l'eau, et avec des pinces de fer : on ne doit la couper qu'avec des ciseaux, car la moindre cassure ou torsion l'enflammerait. On extrait aujourd'hui cette substance des os des animaux, que l'on fait calciner, et que l'on traite par l'acide sulfurique.

*Expérience.* — IMITER L'APPARENCE LUMINEUSE DU DISQUE DE LA LUNE. — Introduisez quelques

morceaux de phosphore de la grosseur d'un pois dans un ballon de verre creux, de trois à quatre pouces de diamètre ; chauffez ce globe jusqu'à ce que le phosphore s'enflamme ; promenez le phosphore fondu dans l'intérieur du globe, jusqu'à ce qu'un hémisphère ou la moitié en soit couverte : quand l'inflammation aura cessé, il restera sur le verre une croûte blanchâtre qui répandra une lumière pâle, nuancée, comme celle de la lune.

*Expérience.* — ALLUMER UNE CHANDELLE AVEC LA POINTE D'UNE ÉPÉE. — Placez au milieu de la mèche éteinte d'une chandelle ou d'une bougie, une parcelle de phosphore ; en approchant de cette mèche la pointe d'une épée préalablement chauffée, le phosphore s'enflamme, ainsi que la mèche. On modifie cette expérience de plusieurs manières ; en voici une fort intéressante : A côté d'une bougie préparée comme je viens de l'indiquer, placez-en une autre allumée ; chargez un pistolet à poudre, tirez sur ces bougies : la commotion éteint la dernière, et l'inflammation de la poudre allume la première.

*Expérience.* — FAIRE PARAITRE A L'OUVERTURE D'UNE BOUTEILLE OU D'UN BOCAL UNE FLAMME VERTE ET ONDOYANTE. — Mettez dans une bouteille à moitié pleine d'eau quelques morceaux de phosphore de la grosseur d'un pois ; chauffez l'eau sur le fourneau à lampe, l'eau bout, et quelques minutes après elle se couvre de vapeurs blan-

ches ; elles disparaissent ensuite, et l'on voit à l'orifice de la bouteille une flamme verdâtre et ondoyante. Ces phénomènes disparaissent avec l'ébullition, et reparaissent quand on la renouvelle.

*Expérience.*—Liqueur brillante dans l'obscurité.—Faites bouillir à petit feu, dans une once d'eau, quatre à cinq grains de phosphore; versez cette eau dans un petit flacon chauffé, que vous boucherez au mastic : l'eau renfermée dans ce flacon paraîtra lumineuse dans l'obscurité ; si l'on secoue le flacon, on croit voir des éclairs sortir de l'eau, surtout si le temps est chaud ou sec : cette lumière suffira pour faire distinguer les heures d'un cadran.

*Expérience.* — Jets de feu sous l'eau. — Versez au fond d'un grand verre six gros d'acide nitreux ; versez dessus, en faisant glisser le liquide le long des parois, deux gros d'eau ; ajoutez-y un morceau de phosphore de la grosseur d'une lentille, ensuite douze grains de chlorate de potasse ( muriate sur-oxigéné de potasse ) : une inflammation violente a lieu sur-le-champ au fond du verre, et des jets de feu sont lancés à travers le liquide.

*Expérience.* — Mettez dans un grand verre deux onces d'eau ; ajoutez-y un ou deux morceaux de phosphore de la grosseur d'un pois, ensuite 35 à 45 grains de chlorate de potasse; faites parvenir au fond du verre, au

moyen d'un entonnoir à long tube, 5 à 6 gros d'acide sulfurique : alors des jets de feu s'élanceront du fond du verre en traversant le liquide ; jetez-y alors quelques morceaux de phosphore de chaux de la grosseur d'un pois, ces courans de feu se coloreront du plus beau vert d'émeraude.

*Expérience.* — Phosphore liquide. — On prépare ce phosphore en faisant chauffer légèrement, pendant deux heures, une partie de phosphore et six parties d'huile d'amandes douces ; ou bien en broyant ensemble, dans un mortier, une partie de phosphore, un seizième de partie de soufre, et dix parties d'huile d'amandes douces; on ajoute ensuite de l'huile pour opérer la solution. Ces préparations doivent être conservées dans un lieu obscur. Si l'on débouche une fiole contenant quelques onces de phosphore liquide, il s'élève, dans l'espace vide de la fiole, une vapeur lumineuse qui suffit pour faire distinguer dans l'obscurité les caractères imprimés. On trace avec cette dissolution des caractères qui paraissent lumineux. On peut impunément s'en frotter les mains et la figure, qui paraissent alors couvertes d'une lueur bleuâtre et livide.

*Expérience.* — Source de feu. — Versez dans cinq à six onces d'eau, une once d'acide sulfurique ; ajoutez peu à peu à ce mélange cinq à six gros de zinc en grenailles : lorsque le gaz hydrogène commence à se dégager, jetez dans la liqueur quelques petits morceaux de phos-

phore de la grosseur d'un pois; alors les bulles de gaz qui se dégagent s'enflamment à la surface du liquide, des jets de feu le traverseront avec rapidité et avec bruit.

On produit avec le phosphore de chaux (1), projeté dans l'eau, les mêmes effets que ceux qui résultent de l'expérience précédente.

*Expérience.* — Versez un peu d'alkool phosphoré (2) dans une fiole contenant un peu d'eau; au moment du contact des deux liqueurs, il se dégage une lumière vive. Si l'on remue ces liqueurs, l'air de la carafe devient lumineux; si l'on touche l'alkool phosphoré avec une plume trempée dans l'eau, il paraît de suite une lumière, accompagnée quelquefois de flammes qui s'échappent du vase où est contenu l'alkool.

*Expérience.* — Trempez un morceau de sucre dans de l'éther phosphoré (3); jetez-le dans un verre rempli d'eau, sa surface devient lumineuse dans l'obscurité; et, si l'on souffle sur cette surface, il se forme des ondulations phosphorescentes qui portent la lumière fort loin.

*Expérience.* — PHOSPHORE DÉTONANT. — Ré-

(1) Chaux imprégnée de phosphore réduit en vapeur. Ce composé chimique, assez difficile à préparer, est une véritable combinaison de chaux et de phosphore.

(2) On l'obtient par la dissolution du phosphore dans de l'alkool très-pur.

(3) On l'obtient par le même moyen que l'alkool phosphoré.

duisez en poudre deux grains de chlorate de potasse ( muriate sur-oxigéné ); placez cette poudre en petit tas au fond d'un mortier ou sur une enclume; placez au centre une parcelle de phosphore : en frappant dessus avec le pilon ou le marteau, on produit une violente détonation qui est accompagnée d'un jet de feu. Il faut faire cette expérience avec précaution, ne point augmenter les doses, et se couvrir les mains de gants.

### *Enumération dé quelques substances phosphorescentes.*

Si l'on met sur une plaque de fer fortement chauffée, de petits fragmens de spath fusible (chaux fluatée), ces fragmens répandent dans l'obscurité une lumière phosphorique bleuâtre. Un poêle revêtu de fragmens de cette pierre, paraît, quand on y allume du feu, être couvert des plus belles émeraudes. La pierre de Bologne (1), qui était le seul phosphore connu des anciens, jouit d'autres propriétés bien remarquables : mélangée avec les substances minérales, elle favorise la fusion des autres matières terreuses étrangères à la mine, les convertit en scories, et favorise ainsi leur séparation. On l'emploie ainsi comme fondant des minerais du cuivre, de l'argent et du plomb, auxquels elle sert souvent de gangue ou d'enveloppe.

(1) Baryte sulfatée radiée.

Les cristaux ou concrétions de chaux fluatée présentent des nuances très-vives de couleurs. On trouve souvent de ces cristaux violets; il y en a de rouges comme les rubis, de bleus comme le saphir, de verts comme l'émeraude; et de là les dénominations de *fausses améthystes*, *faux rubis*, etc., que les anciens minéralogistes leur avaient données. On fabrique en Angleterre, où cette pierre colorée se trouve en abondance, des vases, des coupes, des chandeliers, et autres ustensiles, que l'on voit dans tous les cabinets des minéralogistes et des curieux.

Une autre propriété bien remarquable du spath fluor, c'est de fournir un gaz qui corrode le verre. Mettez dans un verre de montre une pincée de chaux fluatée; versez dessus de l'acide sulfurique; couvrez ce verre d'un autre semblable; scellez-en bien les bords, et placez ce petit appareil dans la cendre chaude : l'acide fluorique se dégage, attaque les deux verres, les corrode et les ternit. On a cherché à utiliser cette propriété, en gravant sur le verre avec l'acide fluorique, comme on grave sur le cuivre avec l'eau-forte, soit en faisant agir l'acide sur les endroits découverts, au moyen d'une pointe d'acier, ou, ce qui paraît mieux réussir, en exposant la gravure à la vapeur du gaz du même acide. C'est par ce procédé que l'on est parvenu à graver avec beaucoup de netteté des étiquettes sur les bouteilles, et à tracer des échelles de

graduation sur les tubes des thermomètres et des pèse-liqueurs.

La pierre de Bologne calcinée ou réduite en poudre par la calcination, et pétrie en forme de gâteau, étant exposée pendant quelques minutes au soleil, paraît lumineuse plusieurs heures de suite, quand on la porte dans un endroit obscur.

Plusieurs autres substances minérales répandent une lumière phosphorescente quand on les frotte l'une contre l'autre dans l'obscurité : le quartz, la dolomie, la grammatite, sont phosphorescens par frottement. Quelques substances d'un autre ordre acquièrent aussi, dans quelques circonstances, la propriété lumineuse. Deux morceaux de sucre, frottés l'un contre l'autre dans l'obscurité, répandent une lueur très-sensible ; le bois pouri répand également une lueur pâle. On remarque la même lueur phosphorique sur le poisson qui se putréfie, sur les cadavres humains qui commencent à s'altérer, comme je l'ai quelquefois remarqué dans nos amphithéâtres, et particulièrement sur deux matelots qui s'étaient noyés, et dont les corps gisaient sur la plage de la Méditerranée : cette lueur était si vive, que j'ai toujours pensé depuis que les émanations de l'eau marine pouvaient l'augmenter. La lueur phosphorique des cadavres est surtout apparente dans les endroits qui correspondent au trajet des nerfs ;

et c'est dans les dissections névrologiques qu'on la remarque le mieux. Les lampyres ou vers luisans, le porte-lanterne de Surinam, et d'autres insectes des tropiques, répandent aussi une lumière phosphorique très-brillante. La même lumière scintille, quand, pendant le temps froid, on frotte la peau d'un chat ou d'un cheval; quand on chauffe une serviette, et qu'on la frotte dans l'obscurité, et dans un grand nombre d'autres circonstances que je crois superflu d'énumérer. Quelques-unes de ces phosphorescences paraissent avoir le plus grand rapport avec l'électricité. On a remarqué, par exemple, que les corps couverts d'aspérités deviennent plus facilement lumineux que les corps polis ; que ceux que l'on broie dans un mortier de métal perdent cette faculté, et que ceux que l'on broie dans un mortier de cristal la conservent ; que l'étincelle électrique rend la faculté de devenir lumineux aux corps qui l'ont perdue.

## *Pyrophores.*

On donne le nom de pyrophore à une poudre qui prend feu quand on l'expose à l'air.

*Expérience.* — Faites chauffer dans une pochette de fer, jusqu'à parfaite dissipation de la viscosité, et jusqu'à la calcination friable, un mélange, à parties égales, d'alun pulvérisé et de cassonade ; pulvérisez grossièrement ce mé-

lange, encore chaud, dans un mortier; prenez une fiole de verre, induisez l'intérieur d'une couche de borax en poudre et de terre de pipe délayés dans l'eau; remplissez-la ensuite du mélange calciné; lutez la fiole avec un tube de verre; mettez-la jusqu'au goulot dans un bain de sable; chauffez graduellement jusqu'au rouge : il s'élèvera d'abord, pendant un quart d'heure, une vapeur blanche épaisse, puis un gaz inflammable avec une flamme bleu clair. Maintenez la même chaleur 20 minutes, faites cesser le feu; fermez l'ouverture avec un lit d'argile; laissez refroidir la bouteille; versez alors le pyrophore dans une autre fiole chaude; conservez dans un lieu sec. Quand on verse un peu de poudre de pyrophore sur une feuille de papier, il s'échauffe et s'enflamme promptement. On peut le garder plusieurs années dans une fiole bien lutée.

*Expérience.*— PYROPHORE MÉTALLIQUE.— Remplissez une boîte cylindrique de cuivre jusqu'à 5/6, de sciure de bois : pressez-la fortement; achevez de remplir la boîte avec du chlorure de plomb ou plomb corné bien lavé; fermez la boîte, placez-la sur des charbons, chauffez jusqu'à ce qu'il ne sorte plus de vapeurs par les jointures du couvercle; retirez la boîte, et lutez son couvercle avec de la cire à cacheter : le chlorure de plomb, de blanc qu'il était, prend dans cette opération une couleur noire; quand on

l'expose à l'air, il s'échappe des étincelles de sa surface, et le métal se révivifie.

*Expérience.*—Pyrophore qui jette des flammes par le contact d'une goutte d'eau. — Faites une pâte avec un mélange de limaille de fer, de cadmie, de tartre, de nitre ; faites cuire fortement et dessécher à une grande chaleur : si sur cette masse calcinée vous jetez quelques gouttes d'eau, elle jette des étincelles, et s'enflamme.

*Expérience.*— Briquet phosphorique. — Creusez l'axe d'un petit cylindre de plomb, d'une cavité du diamètre d'une plume à écrire ; remplissez-la jusqu'aux deux tiers de poudre de chaux vive, ou de bol d'Arménie, ou de magnésie ; pressez cette substance ; introduisez dans la même cavité des petits morceaux de phosphore bien sec ; placez ensuite le cylindre dans un bain-marie, ou de sable, ou de cendre ; faites fondre le phosphore ; bouchez le tube, et conservez l'appareil dans un lieu sec : une allumette ordinaire soufrée, introduite dans ce tube chargé, s'enflammera de suite, ou au moins par le plus léger frottement sur un feutre ou sur un liége.

*Expérience.* — Bougies phosphoriques. — Mettez au fond d'un petit tube, d'environ deux lignes de diamètre et de cinq pouces de longueur, un morceau de phosphore de la grosseur d'une tête d'épingle ; introduisez une petite bougie dans le tube, de façon que la mèche

en occupe le fond ; scellez à la lampe la partie supérieure, et faites fondre le phosphore à l'eau bouillante : quand on brise ce tube à son extrémité supérieure, et quand on en retire brusquement la bougie, elle s'allume sur-le-champ.

*Expérience.* — Briquets oxigénés. — Triturez avec précaution, dans un mortier de marbre, trois parties de chlorate de potasse ( muriate sur-oxigéné de potasse ) humecté d'eau gommée ; ajoutez-y une partie de fleur de soufre, et un peu de vermillon pour colorer.

Trempez dans cette composition des allumettes soufrées, et laissez-les sécher : dans cet état, si vous les mettez en contact avec un peu d'acide sulfurique, elles s'enflammeront sur-le-champ. On conserve l'acide sulfurique en l'imbibant d'amiante, substance que cet acide n'attaque pas. On a ainsi une matière spongieuse imbibée de ce principe inflammable, et qui n'a pas le dangereux inconvénient de se répandre.

*Expérience.* — Allumettes oxigénées qui n'attirent pas l'humidité. — Ce défaut existe dans les allumettes dont j'ai parlé dans l'expérience précédente. Voici la composition d'allumettes hydrofuges qui n'ont pas cet inconvénient :

Chlorate de potasse, bien sec, 2 gros ;
Fleur de soufre, un quart de gros ;
Lycopode, 9 grains ;

Sucre candi pulvérisé, 6 grains;
Gomme arabique en poudre, 9 grains;
Mucilage de gomme adragante.

Mettez les substances en poudre; ajoutez la gomme adragante pour lier la pâte; n'ajoutez le chlorate qu'à la fin, et broyez avec beaucoup de précaution. Trempez des allumettes dans cette composition; quand elles sont sèches, trempez l'extrémité chargée dans de la fleur de soufre en fusion, qui formera un dernier préservatif contre l'humidité. Quand on veut tremper ces allumettes dans l'acide sulfurique, il faut en briser légèrement l'enveloppe soufrée, sur laquelle l'acide n'a point d'action.

*Expérience.* — MOYEN SIMPLE D'ÉTEINDRE LE FEU D'UNE CHEMINÉE. — Etendez sur l'âtre le charbon et le bois en ignition, jetez dessus 3 à 4 poignées de fleur de soufre; bouchez ensuite le devant de la cheminée avec une table ou un drap mouillé : le soufre s'enflamme, absorbe l'oxigène de l'air; la suie enflammée s'éteint à l'instant. Si l'on n'a pas de fleur de soufre, on jette avec quelque avantage deux ou trois poignées de sel dans l'âtre, et même quelques ognons : le gaz et l'humidité qui s'en élèvent arrêtent la combustion.

# MÉTAUX.

Les métaux sont, parmi les substances minérales, celles qui fixent d'abord l'attention, par leur éclat, par leur importance dans les arts, et par les nombreux services qu'ils rendent aux hommes. Ce sont des corps ordinairement pesans, susceptibles d'un très-beau poli, presque entièrement opaques, et ne laissant passer quelques rayons de lumière que quand ils sont réduits en feuilles très-minces, comme celles qu'emploient les doreurs sur bois. Les métaux sont de très-bons conducteurs du calorique, et transmettent avec rapidité, jusqu'aux plus grandes distances, les fluides électrique et galvanique.

Toutes les substances minérales cristallisent en passant de l'état liquide à l'état solide : les métaux cristallisent eux-mêmes avec la plus grande régularité ; et c'est parce que leurs cristaux sont, après le refroidissement, réunis et confondus en une seule masse, que nous ne les distinguons pas. Les formes qu'ils affectent le plus ordinairement sont le cube et l'octaëdre.

L'or, l'argent, le cuivre, le zinc, l'antimoine, se trouvent naturellement cristallisés. On obtient en cristaux parfaitement entiers et isolés, les métaux qui n'ont pas besoin, pour fondre, d'une très-haute température ; tels que le bismuth, le zinc, l'étain, le plomb, l'arsenic, etc., etc.

*Expérience.* — CRISTALLISATION DU BISMUTH. — Faites fondre du bismuth dans une poche de fer ; percez en deux endroits, avec une broche, la croûte extérieure. Quand le métal commence à se refroidir, versez la portion de métal qui reste liquide ; soulevez ensuite la croûte extérieure, et vous aurez une géode artificielle, tapissée de cristaux très-brillans.

Les impressions régulières en forme de feuilles de fougère que l'on remarque sur les pains d'antimoine après la fusion de ce métal, sont des cristallisations formées pendant son refroidissement, ce qui lui a fait donner le nom de *régule*.

On n'a connu pendant long-temps que sept métaux (1) ; nous en connaissons aujourd'hui plus de quarante. Toutes les terres, tous

(1) La plupart de ces métaux ne sont connus que depuis le XV$^{e}$ siècle. Les alchimistes pensaient que le nombre sept avait un rapport mystérieux avec celui des planètes : ils appelaient l'or, le Soleil ; l'argent, Lune ; le vif-argent, ou l'argent liquide, suivant les Grecs (*hydrargyrum*, υδραργυρος), Mercure, nom que ce métal a conservé ; le cuivre, Vénus, par la facilité avec laquelle le cuivre s'unit aux autres métaux ; le fer, Mars, à cause de la couleur rouge de sang de plusieurs de ses oxides ; l'étain, Jupiter ; le plomb, Saturne, à cause de sa couleur sombre.

Le zinc n'a été connu qu'en 1541 ; le bismuth, qu'en 1520 ; l'anti-

les alkalis, la baryte, la strontiane, la chaux, la potasse, la soude, sont des substances métalliques, la plupart déjà réduites. Tous les corps de la nature, excepté quelques substances combustibles, telles que le soufre, le phosphore, le carbone, le diamant, et les substances gazeuses, offrent pour résultat, en dernière analyse, une substance métallique; et, si la grande analogie qui existe entre les substances métalliques permet de penser qu'elles ne sont que le même principe modifié, les élémens des corps se trouveront presqu'en aussi petit nombre que celui qu'Aristote avait indiqué. Mais, pour arriver à cette simplicité, quel cercle immense a parcouru la science! quelle route différente elle a suivie!

La densité des métaux est très-variable, et généralement plus grande que celle des autres substances; voilà pourquoi l'idée de ces substances se joint toujours à celle de pesanteur. Il y a cependant des métaux spécifiquement moins pesans que l'eau, prise ordinairement pour terme de comparaison: le sodium pèse environ $\frac{1}{10}$ de moins, et le potassium $\frac{1}{5}$; la manganèse pèse six fois plus; le zinc et l'étain 7; le fer et le nikel 8; le cuivre et l'urane 9; le bismuth et

moine, vers le même temps; l'arsenic, en 1733; le platine, en 1741; la manganèse, en 1774, mais on s'en servait auparavant comme d'une terre colorante. La découverte des métaux alkalis, le sodium, le potassium, ne remonte pas au-delà de ce siècle.

l'argent 10, le plomb 11, le mercure 13, l'or 19, et le platine de 20 à 22 : c'est le plus dense et le plus pesant de tous les corps de la nature connus aujourd'hui.

Les métaux que l'on emploie le plus communément dans les arts, s'étendent à la filière ( ductilité ), sous le marteau ( malléabilité ), ou sous le laminoir, avec plus ou moins de facilité. Voici l'ordre de leur ductilité : or, argent, platine, fer, cuivre, zinc, étain, plomb. Voici celui de leur malléabilité : or, argent, cuivre, étain, platine, plomb, zinc, fer. L'ordre de ces métaux fait voir que la ductilité et la malléabilité sont deux choses réellement différentes. Ainsi le cuivre est plus malléable que le platine; celui-ci plus ductile que le premier métal. On peut tirer le fer en fils très-fins, et on ne peut que très-difficilement le réduire en lames très-minces. L'or et l'argent sont ductiles et malléables au suprême degré.

La ténacité, ou la propriété qu'ont les différens métaux, réduits en fils, de supporter un certain poids sans se rompre, diffère aussi beaucoup. Des fils de deux millimètres ( un peu moins d'une ligne ) de diamètre, supportent : celui de fer environ 500 livres, celui de cuivre 275 livres, celui de platine 248 livres, celui de l'argent 170 livres, celui de l'or 136 livres, celui de l'étain 48 livres, celui de zinc 13 livres.

Exposés à l'action du feu, les métaux ( excep-

tion faite du mercure, toujours liquide à la température ordinaire de l'atmosphère) entrent en fusion à une chaleur très-variable; quelques-uns, tels que le potassium et quelques alliages, au-dessous de la température de l'eau bouillante (58° centig.); d'autres, tels que le sodium à 90° c., l'étain à 210° c., le bismuth à 256° c., le plomb à 260° c., le zinc à 370° c.; l'antimoine au-dessus de la chaleur rouge du fer, plusieurs autres un peu au-dessus de ce degré. D'autres demandent la température très-élevée, du feu de réverbère, du feu de forge, et de la flamme animée par un courant de gaz oxigène ou hydrogène. Quelques métaux enfin paraissent presque tout-à-fait infusibles; quelques-uns, peu après être entrés en fusion, se volatilisent, tels que le mercure, l'arsenic, le zinc, etc. On mesure, au moyen d'un instrument que j'ai décrit dans les récréations physiques (pyromètre de Wedgwod), les hautes températures qu'exigent la plupart des métaux pour se fondre.

## *Expériences chimiques relatives aux métaux.*

*Expérience.* — ALLIAGE FUSIBLE A L'EAU BOUILLANTE. — Faites fondre ensemble huit parties de bismuth, cinq de plomb, et trois d'étain : cet alliage se ramollit à la température de l'eau bouillante, et devient coulant trois à quatre degrés au-dessus.

On se sert de cet alliage pour prendre l'empreinte des cachets, des clefs, et autres objets dont on veut avoir la figure exacte.

Si l'on forme des caractères saillans, en écrivant avec une encre très-chargée de gomme, et que l'on verse sur la planche où ces caractères sont tracés, de l'alliage fondu, il en reçoit l'empreinte, et peut servir, comme la planche d'un graveur, à les transmettre sur le papier.

Des cuillères coulées avec cet alliage se fondent dans le café ou dans le bouillon chaud.

Un dentiste a employé cet alliage pour remplir les cavités des dents formées par la carie, ou pour les plomber. Il vaut mieux employer l'alliage suivant, qui ne fond qu'à la température de 100°, et qui est plus dur; il se compose de deux parties de bismuth, une d'étain fin, et une de plomb.

*Expérience.*—Faites un amalgame de bismuth et de mercure, de plomb et de mercure : en triturant ces deux mélanges réunis dans un mortier, ils deviendront presque aussi liquides que le mercure.

*Expérience.* — AMALGAME POUR ÉTAMER LE VERRE. — Prenez une once de mercure, une demi-once de bismuth, étain et plomb, de chacun deux gros ; faites fondre ensemble dans un creuset l'étain et le plomb ; ajoutez-y le bismuth en petits morceaux : quand le mélange sera fondu, et qu'il commencera à se refroidir, ajoutez-y le mercure. On se sert de cet amalgame

pour étamer un globe de verre, en le versant avec un entonnoir à long bec dans ce globe bien nettoyé et bien sec, en promenant le métal sur toutes les parois, et en transvasant ce qui ne s'est point collé au verre. Quand le mélange est trop liquide, on y ajoute de l'étain et du bismuth.

*Expérience.*—Moiré métallique.—Lorsqu'on prépare le fer-blanc, on plonge dans un bain d'étain fondu des feuilles de fer laminées : l'étain s'attache à ces feuilles, et prend en se refroidissant une contexture cristalline assez semblable à des feuilles de fougère. Ordinairement cette cristallisation est masquée par une couche très-mince de métal dont la contexture est uniforme; c'est en l'enlevant avec un acide que l'on met la couche inférieure à découvert, et que l'on forme le *moiré*.

Le moiré naturel se prépare en trempant des feuilles de fer-blanc dans un mélange d'eau et d'acide nitrique, sulfurique ou hydro-chlorique; en les y laissant une ou deux minutes, si le mélange est chaud; six à huit, s'il est froid; en les lavant ensuite avec de l'eau de pluie. On les fait sécher, puis on les couvre d'une couche d'eau gommée, ou d'un vernis transparent, incolore ou diversement coloré.

C'est avec le fer-blanc anglais que l'on prépare le plus beau moiré naturel.

On prépare le moiré artificiel en faisant chauf-

fer les feuilles de fer-blanc sur un lit de charbons, et en les arrosant avec de l'eau froide quand l'étain commence à fondre, ou en plongeant les feuilles ainsi chauffées dans l'eau froide, par saccades. On varie, en modifiant ces moyens, l'aspect du moiré : on lui donne celui du granit, du satin, du jaspe rubané : le fer-blanc plané produit un fond sablé.

On travaille le moiré au maillet : le marteau l'altère et l'efface.

Le moiré a eu la vogue de toutes les découvertes nouvelles, la mode l'a fait employer à toutes sortes de choses. J'en ai vu décorer des salons; j'ai vu tout un ameublement de cette substance, qui rivalise avec ce qu'il y a de plus riche et de plus éclatant. En 1818, on vit à la promenade de Long-Champ un équipage couvert en moiré.

*Expérience.*—GRAVURES EN RELIEF SUR LA PIERRE CALCAIRE, LE MARBRE ET LES COQUILLES D'OEUFS.— Tracez sur ces différens corps des caractères avec une plume trempée dans le suif fondu, ou dans le vernis des graveurs; versez sur ces caractères du vinaigre blanc ou de l'acide sulfurique étendu d'eau (1), le vinaigre ou l'acide agissent sur la substance calcaire, la détruisent, et n'attaquent pas les endroits couverts du corps gras.

*Expérience.*—MANIÈRE DE BRONZER L'ACIER.—

(1) On contient l'acide par un rebord en cire ; on fait tremper l'œuf dans le liquide.

Décapez les pièces d'acier en les usant avec une pierre à aiguiser ; exposez ensuite ces pièces sur des charbons allumés, l'acier prend d'abord une couleur jaune d'or, puis une couleur bleue ou brunâtre ressemblant au bronze.

*Expérience.* — On parvient à bronzer l'acier en le frottant, au moyen d'une pièce de drap, avec une mixtion chaude d'indigo et d'huile d'olives broyés ensemble.

*Expérience.* — DE L'OR ET DE L'ARGENT DE COULEURS. — On donne le *mat* à l'or en le faisant bouillir dans un mélange de $\frac{2}{3}$ de salpêtre, $\frac{1}{6}$ de sel commun, et $\frac{1}{6}$ d'alun. On fond ces substances au feu, en ajoutant très-peu d'eau, et seulement quand leur liquidité se perd par une ébullition prolongée. On lave les pièces d'or décapées dans de l'eau chaude ; elles présentent une couleur jaune magnifique.

L'or pâli ou bruni offre une seconde nuance qui s'allie fort bien avec l'or mat. On obtient l'argent mat en le faisant décaper dans une dissolution aqueuse, mais peu chargée d'alun ou de vitriol vert (sulfate de fer). On obtient une autre nuance en brunissant.

*Or vert.* On l'obtient par l'alliage de l'or fin (une once), à l'argent fin (2 gros $\frac{2}{3}$ ou 48 grains).

*Or rouge.* On l'obtient par l'alliage d'une once d'or fin à 2 gros $\frac{2}{3}$ de cuivre rouge.

*Or blanc.* On l'obtient par l'alliage de l'or fin et de l'argent fin, parties égales.

*Or gris*. On l'obtient par l'alliage de l'or et de l'acier.

*Quelques autres alliages*. Le *similor, or de Manheim, tombac, chrysocalque* ou *chrysocale*, métal semblable à l'or ; il s'obtient par l'alliage du cuivre et du zinc, à diverses proportions : cet alliage donne le cuivre jaune ou laiton.

Le cuivre blanc est un alliage de cuivre, d'étain, de platine et d'arsenic. Il est particulièrement employé à la fabrication des miroirs des télescopes à réflexion.

Le *tamtam*, cet instrument sonore de la musique des Chinois, est composé d'un alliage d'environ 80 parties de cuivre sur 20 d'étain. Un chimiste français, M. Darcet fils, est parvenu à fabriquer des instrumens tout-à-fait semblables pour la forme et la qualité du son. Nous ne sommes plus tributaires de l'Orient, ni pour les tamtams, en usage aujourd'hui dans tous les théâtres, ni pour les cymbales.

Le bronze dont on coule les statues, les pièces d'artillerie et les cloches, est un alliage de cuivre et d'étain (1).

L'alliage du plomb et de l'antimoine est employé pour la fonte des caractères d'imprimerie. Celui du plomb, de l'antimoine et du zinc, pour celle des robinets de fontaine.

(1) Bronze d'artillerie : 6 de cuivre, 1 d'étain. Bronze ou métal de cloches : 4 de cuivre, 1 d'étain : on y ajoute quelquefois de l'antimoine et de l'argent.

une couleur jaune, retirez-le; mettez-le dans l'eau distillée, et exposez-le au soleil : l'ivoire prend une couleur noire; mais, si on le brunit, alors il devient brillant, et prend une couleur métallique.

On argente le cuivre en le plongeant dans une dissolution de mercure dans l'acide nitrique, et en le frottant ensuite avec le doigt.

On argente le fer en le plongeant dans une dissolution de mercure dans l'acide hydrochlorique (muriatique).

*Expérience.* — PROCÉDÉ POUR TEINDRE EN VERT L'IVOIRE ET LES OS. — Faites infuser, sept à huit jours, dans du fort vinaigre blanc, de la limaille de cuivre, un peu de sulfate de fer (couperose verte), de vert-de-gris et d'alun; faites bouillir cette infusion, et jetez-y les os ou l'ivoire, préalablement dégraissés avec une lessive alkaline ou une lessive de chaux. On teint en rouge ou en jaune les mêmes substances, en remplaçant les oxides de cuivre par du bois de Brésil, du bois d'Inde, etc.

*Expérience.* — POUDRE POUR DORER L'ARGENT. — Plongez des morceaux de vieille toile fine dans une dissolution d'or par l'eau régale (acide nitro-muriatique); laissez sécher ces morceaux, et mettez-y le feu; frottez, au moyen d'un bouchon de liége doux mouillé, cette cendre charbonneuse sur une surface d'argent polie, elle se couvrira d'une couche d'or, qui y adhé-

rera de manière à faire corps avec ce métal. On polit avec la pierre sanguine ou le brunissoir.

*Expérience.* — PROCÉDÉ POUR DORER LE FER ET L'ACIER. — Versez dans une dissolution d'or dans l'eau régale ( acide nitro-muriatique ) le double d'éther sulfurique; secouez ensemble ces deux liquides, l'éther s'empare de l'or, et surnage l'acide. Versez ces deux liqueurs dans un entonnoir à tube capillaire : quand l'acide s'est déposé au fond, on le laisse s'écouler; alors on enferme l'éther dans un flacon que l'on bouche bien. On dore avec cet éther aurifère le fer et l'acier, préalablement polis, en étendant cette liqueur avec un pinceau, en chauffant légèrement, et en brunissant. Quand on veut tracer des dessins avec cette liqueur, on se sert d'une plume ou d'un pinceau fin.

*Expérience.*—DORURE DES MÉTAUX AVEC L'AMALGAME D'OR.—On prépare cet amalgame en broyant des feuilles d'or avec du mercure; on décape les métaux qu'on veut dorer en les frottant avec du sable ou de l'eau seconde, ou mieux encore avec de la poudre de mercure, provenant de la dissolution de ce métal dans l'acide nitrique; on frotte ensuite avec l'amalgame; puis on expose les métaux au feu, qui volatilise le mercure; ensuite on brunit.

*Expérience.*—Tracez sur le fer poli des dessins avec une dissolution de deuto-sulfate de cuivre ( cristaux de Vénus ); recouvrez ces dessins de

l'amalgame d'or ; essuyez-les ensuite : l'or couvrira toutes les lignes tracées.

*Expérience.* — Dorer un ruban. — Faites évaporer jusqu'à siccité une dissolution d'or dans l'eau régale ; étendez-la ensuite dans de l'eau distillée ; humectez un ruban de cette eau, et exposez-le à un courant de gaz hydrogène, dégagé par l'action de l'acide sulfurique étendu d'eau sur la limaille de fer : l'or se réduira, et le ruban sera doré. On peut avec la même liqueur aurifère tracer des caractères et des dessins.

*Expérience.* — Dorure avec le cuivre. — Faites dissoudre dans l'eau des cristaux de Vénus ou vitriol bleu ( deuto-sulfate de cuivre ) ; en plongeant une clef, une lame de couteau, ou un autre morceau de fer, dans cette liqueur, on les retire chargés d'une couche de métal qui les fait paraître dorés.

*Expérience.* — Or mussif. — Il y a plusieurs procédés pour préparer l'or mussif; voici le plus simple : mettez dans un mortier de cuivre chauffé huit onces de mercure et huit onces d'étain fondu ; triturez jusqu'à ce que ce mélange soit froid ; ajoutez alors six parties de fleur de soufre et trois de muriate d'ammoniaque ; distillez ensuite dans une cornue au bain de sable (plongée dans du sable chaud ). On fait chauffer jusqu'à ce que le fond de la cornue rougisse faiblement; on entretient le feu en cet état trois

à quatre heures : l'or mussif se sublime en paillettes brillantes au col de la cornue.

On obtient cette préparation très-belle en prenant du nitrate d'étain précipité de sa dissolution par le sulfure de potasse liquide ; en faisant un mélange de ce nitrate, bien desséché, avec moitié de son poids de fleur de soufre, et le quart de son poids de sel ammoniac ; ensuite en sublimant au bain de sable.

L'or mussif sert à donner aux surfaces l'aspect métallique du bronze ; on l'emploie aussi pour activer les effets du plateau électrique.

*Expérience.*—CAMÉLÉON MINÉRAL.—La combinaison de l'oxide de manganèse avec la potasse ou la soude, présente des changemens rapides de couleurs quand on en fait dissoudre une portion dans l'eau.

On obtient le *caméléon minéral* en exposant, pendant une heure, dans un creuset couvert, et au feu d'un fourneau, un mélange d'une partie d'oxide de manganèse réduite en poudre très-fine, et de trois parties de sel de nitre (nitrate de potasse).

Mettez dans un verre une petite quantité de caméléon ; si vous versez dessus de l'eau froide, vous obtiendrez une solution, verte qui passera rapidement à la couleur pourpre, puis plus lentement à la couleur rouge.

Mettez dans un autre verre une dose un peu moins forte de caméléon, versez de l'eau chaude,

vous obtiendrez une couleur violette, qui se changera promptement en cramoisi. L'intensité de la couleur est en proportion de la quantité d'oxide contenu dans l'eau : dix grains dissous dans une demi-chopine d'eau froide, la solution devient d'une couleur verte, puis devient pourpre, puis rouge. Si sur une petite quantité de ce composé vous versez quatre onces d'eau, la solution sera vert foncé; en ajoutant de l'eau, elle deviendra rose; après quelques heures elle deviendra incolore, en laissant déposer un précipité jaunâtre; enfin quelques gouttes d'acide nitrique versées dans la solution pourpre lui font prendre à l'instant une couleur d'un rouge vif.

Quand le caméléon passe du vert au rouge, il présente successivement la série des couleurs dans l'ordre de celles que l'on observe dans les anneaux colorés : le vert, le bleu, le violet, l'indigo, le pourpre, le rouge.

La couleur rouge du caméléon est celle qui se conserve le plus long-temps à l'air : quelques atomes suffisent pour colorer une grande quantité d'eau en violet ou en pourpre.

*Expérience.*—Métal étincelant.—Faites fondre une partie d'antimoine; ajoutez ensuite peu à peu, en remuant, deux parties de fer réduites en lames minces. Quand le tout est fondu, laissez refroidir.

Quand on lime fortement ce métal avec une grosse lime neuve, il en jaillit une traînée d'étin-

celles blanches et scintillantes. La lime fait sur cet alliage fort dur, l'effet du briquet sur la pierre à feu.

*Expérience.* — INFLAMMATION DU POTASSIUM OU DU MÉTAL OBTENU DE LA POTASSE. — Mettez dans une soucoupe remplie d'eau un petit morceau de potassium, aussitôt celui-ci prendra feu avec une légère explosion, et en s'élançant d'un côté à l'autre du vase. Si l'on place ce métal sur la glace, il prend feu avec une flamme éclatante, et fond la glace à une grande profondeur.

Dans cette combustion l'eau est décomposée par le métal, et l'oxigène de ce liquide forme de la potasse, tandis que le gaz hydrogène se dégage et s'enflamme.

*Expérience.* — COMBUSTION SPONTANÉE DES TROIS MÉTAUX. — Mêlez ensemble environ deux grains de potassium et autant de sodium (métal obtenu de la soude); en ajoutant à ce mélange un globule de mercure, ces trois métaux, mêlés ensemble, s'enflamment de suite.

*Expérience.* — COMBUSTION D'UNE FEUILLE D'ÉTAIN. — Étendez sur une feuille d'étain de la grandeur d'un feuillet in-douze, environ deux gros de nitrate de cuivre (cuivre dissous par l'acide nitrique) réduit en pâte liquide avec de l'eau; plongez ensuite la feuille de manière à envelopper et enfermer exactement cette pâte, et à en exclure l'air, le mélange s'échauffe bientôt; immédiatement après le gaz nitreux s'é-

chappe à travers l'étain, et en même temps jaillissent des étincelles d'étain enflammé et de petits jets de feu. On favorise ce mouvement de combustion en arrosant l'appareil avec un peu d'eau.

*Expérience.*—Or fulminant.—Faites dissoudre des feuilles d'or pur dans l'eau régale (acide hydro-chloro-nitrique) jusqu'à saturation; étendez cette dissolution dans quatre fois son volume d'eau distillée; ajoutez-y ensuite de l'ammoniaque jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité; filtrez, séparez la poudre jaune qui est sur le filtre, et faites-la sécher, c'est l'or fulminant.

Trois ou quatre grains de cette poudre, exposés au-dessus de la flamme d'une chandelle, sur la pointe d'un couteau, produisent une explosion violente; dix à douze grains percent une feuille de fer-blanc. Une secousse électrique fait détoner cette poudre dangereuse, et la grande sécheresse accroît tellement sa faculté détonante, qu'il suffit alors du moindre contact.

On doit conserver *l'or fulminant* dans un vase bien sec, et le tenir bouché avec du linge ou du papier, afin d'éviter tout frottement du verre.

*Expérience.*—Argent fulminant.— Faites dissoudre 4 à 5 grains d'argent très-pur ou de coupelle dans de l'acide nitrique (eau-forte) étendu ou allongé d'un peu d'eau; précipitez le métal de sa dissolution par de l'eau de chaux; filtrez, et

séchez. Versez sur un ou deux grains de cet oxide quelques gouttes d'ammoniaque liquide, de manière à en faire une bouillie très-claire, l'oxide se décompose sous forme de poudre noire : c'est de l'ammoniaque d'argent ou de l'argent fulminant. On fait sécher ce mélange, et on n'y touche plus.

L'argent fulminant détone comme l'or fulminant, mais avec bien plus de violence. En l'exposant à une chaleur légère, il suffit alors du contact d'une plume pour produire cette détonation ; on la produit également en laissant tomber à sa surface une goutte d'eau. On ne saurait donc apporter trop de précaution dans la préparation de ce sel. On ne doit jamais l'enfermer dans des vases à bouchons, ni par doses de plus de 3 à 4 grains : le plus prudent, c'est de le conserver dans les capsules de verre où l'on a opéré la combinaison d'ammoniaque, en les tenant couverts de papier. C'est avec l'argent fulminant que l'on prépare les pois fulminans, les bombes fulminantes, les chandelles, lettres et cartes également fulminantes. Les pois et les bombes sont de très-petits globes de verre dans lesquels on introduit un peu d'argent fulminant; on achève de les remplir avec du sable, et on les couvre de papier que l'on colle à la surface avec de l'eau gommée. Quand on laisse tomber à terre ces petits globes ainsi chargés, ou quand on marche dessus, ils éclatent avec violence.

On prépare les cartes en les dédoublant, et en introduisant entre les doubles un peu d'un mélange fulminant ; on recolle ensuite avec soin. Quand on allume ces cartes à la chandelle, elles détonent, et la chandelle s'éteint.

On introduit une parcelle d'argent fulminant dans la mèche d'une chandelle, et en l'allumant elle produit une forte explosion.

Si l'on met cette parcelle dans le cachet d'une lettre, l'explosion a lieu dès qu'on le brise.

Des parcelles d'argent fulminant fixées, par le moyen d'eau gommée, à des têtes d'épingles que l'on fixe à un bouchon de liége, éclatent quand on les met dans le courant d'une atmosphère électrique, et jusqu'à deux pieds d'un conducteur chargé.

Enfin, si l'on approche de l'argent fulminant un tube de verre humecté d'acide sulfurique, l'argent détone à l'instant du contact.

*Mercure fulminant.* On obtient cette substance en faisant dissoudre du mercure dans de l'acide nitrique chaud, dans la proportion de 100 grains sur une once et demie. Quand la dissolution est faite, on ajoute une once et demie d'alkool rectifié (esprit-de-vin) ; on fait chauffer modérément, jusqu'à ce que le mélange commence à entrer en effervescence : il s'élève alors sur la liqueur une fumée blanche, et le mercure se précipite sous une forme de poudre blanche : c'est le mercure fulminant. On lave

cette poudre à l'eau froide, puis on la fait sécher.

Ce mercure fulmine avec violence, surtout si on le frappe sur une enclume avec un marteau. Il faut faire cette expérience avec trois ou quatre grains, ou autrement on risquerait de tout briser.

Le mercure fulminant, ne faisant point explosion spontanément, est moins dangereux que les autres poudres ci-dessus mentionnées. Sa force est plus forte que celle de la poudre à canon ; mais elle ne porte pas si loin : voilà pourquoi on l'emploie avec avantage pour faire sauter les rochers. Une chose digne de remarque, c'est que son explosion n'enflamme pas cette poudre. On emploie le mercure fulminant dans l'artifice ; mais on préfère, avec raison, le mercure fulminant d'Howard, préparé par sa dissolution dans les acides nitrique et hydro-chlorique (muriatique) (1).

La plupart des métaux peuvent être convertis en oxides fulminans. M. Davy a découvert un oxide de platine fulminant qui fait explosion quand on l'expose à une chaleur de 200°, mais dont l'explosion ne peut avoir lieu, ni par frottement, ni par percussion.

*Poudres fulminantes.* La préparation de ce genre, la plus anciennement connue, est un

(1) *Manuel de l'Artificier*, par Vergnaud, page 70.

mélange de trois parties de nitre pulvérisé, de deux parties de potasse (sous-carbonate de potasse), et d'une partie de soufre également en poudre : on fait sécher ces substances séparément, puis on les mêle. Une pincée de ce mélange exposé sur le feu, dans une cuillère de fer, prend une consistance pâteuse, une couleur orange, puis se fond, si la chaleur augmente; il s'en élève ensuite une flamme bleue, ondoyante, et le mélange détone avec bruit.

*Expérience.* — POUDRE FULMINANTE QUI PREND FEU, ET DÉTONE PAR LE FROTTEMENT. — Prenez six grains de muriate sur-oxigéné (chlorate) de potasse; ajoutez-y trois grains de charbon de bois et deux grains de soufre également réduits en poudre : en frappant cette poudre sous un pilon, elle s'enflamme comme la poudre à canon.

*Expérience.* — Le mélange de trois grains de chlorate de potasse et de deux grains de soufre réduits en poudre impalpable, produit une détonation accompagnée d'un éclair très-vif, si l'on frappe ce mélange placé au fond d'un mortier; si l'on n'exerce qu'un frottement rotatoire, on entend alors des explosions semblables au claquement d'un fouet, et elles sont accompagnées d'éclairs d'une couleur pourpre.

*Expérience.* — POUDRE D'AMORCE POUR LES FUSILS A PISTON. — Prenez huit onces de muriate sur-oxigéné (chlorate) de potasse, trois onces de fleur de soufre lavée et bien desséchée, deux

onces de poudre de charbon de bois léger, tel que le fusain, le tremble, le coudrier; arrosez le tout avec un mélange d'eau de Cologne et d'eau de rivière ou de fontaine, dans laquelle on a fait préalablement dissoudre un peu de gomme arabique; mêlez, et porphirisez sur une table de marbre avec une molette de bois dur; moulez cette pâte en petits cylindres, en la faisant passer à travers des trous pratiqués dans une planche de cuivre : ces fragmens cylindriques s'enflamment, et enflamment la poudre dont on charge une arme à feu, par le choc ou la percussion d'une batterie d'acier.

*Expérience.* — LIQUEUR FUMANTE DE LIBAVIUS. MURIATE D'ÉTAIN FUMANT. DEUTO-CHLORATE D'ÉTAIN. — Ce sel métallique, exposé à l'air, en absorbe avidement l'humidité, et s'élève en vapeurs qui retombent en fumée très-épaisse. On l'obtient en alliant trois parties d'étain et une de mercure, en pulvérisant cet alliage, et en le mêlant avec son poids de deuto-chlorure de mercure (muriate sur-oxigéné de mercure); on introduit le tout dans une cornue; on élève la température, et le deuto-chlorure d'étain se forme en vapeurs épaisses que l'on recueille dans un récipient. La liqueur fumante est employée dans la fantasmagorie produite au moyen de la fumée, et dont j'ai parlé dans les récréations physiques.

*Expérience.* — CHARBON FULMINANT. — Enduisez

un flacon de verre épais, d'une couche de lut de sable et d'argile; introduisez dans ce flacon une once d'émétique (tartre stibié); fermez le flacon avec un bouchon de craie, placez-le ensuite sur un réchaud, entourez-le de charbon, et chauffez modérément : le gaz hydrogène carboné se dégage sous la forme d'une flamme bleuâtre. Quand cette flamme a cessé, retirez le flacon, laissez-le refroidir, brisez-le, et pulvérisez la matière qu'il contient.

Mettez cette poudre dans un autre flacon, lutez le bouchon de craie avec le lut de sable et d'argile, chauffez fortement dans un lit de charbon, un gaz inflammable se dégage. Quand ce dégagement est achevé, retirez du feu, et remplacez, après le refroidissement, le bouchon de craie par un bouchon de liége. Le contenu de la bouteille est un excellent pyrophore : en en versant un peu et en le mouillant, aussitôt l'aspersion, l'antimoine en fusion est lancé au loin sous forme de globules enflammés. Cette expérience exige de la prudence, il faut se couvrir la figure et les mains.

*Expérience.*—Précipités métalliques.—Faites dissoudre dans de l'eau chaude un peu de vitriol vert, filtrez ensuite, l'eau paraîtra limpide.

Jetez dans cette eau ferrugineuse un morceau de zinc, l'acide sulfurique du sulfate de fer abandonnera ce métal, et se portera sur le zinc,

tandis que le fer se précipitera au fond du vase. Filtrez la liqueur, jetez-y de la craie, il se formera de suite un sulfate de chaux; filtrez encore la liqueur, et versez-y de l'ammoniaque, l'acide sulfurique de la chaux se combinera avec l'ammoniaque, et formera du sulfate d'ammoniaque. Si l'on filtre encore cette liqueur, et que l'on y verse du carbonate de potasse, il se formera du sulfate de potasse, et l'ammoniaque se dégagera en répandant une odeur vive et piquante.

L'hydrogène sulfuré liquide (eau imprégnée de gaz hydrogène sulfuré) produit, avec diverses solutions de sels métalliques, des précipités de diverses couleurs : dans la dissolution d'émétique (tartrate d'antimoine et de potasse), un précipité de couleur orange; dans une dissolution d'acide arsénieux (deutoxide d'arsenic), vous obtiendrez un précipité jaune; si vous versez dans un demi-verre d'eau quelques gouttes d'hydro-chlorate d'étain, vous obtiendrez par l'addition du même liquide hydrogéné, un précipité couleur chocolat; en ajoutant enfin à un autre demi-verre d'eau quelques gouttes d'acétate de plomb, on obtient par la même addition un précipité noir. Aucune substance ne fait plus varier les couleurs métalliques que l'hydrogène sulfuré; c'est ce gaz qui colore et tache l'argenterie de vaisselle, quand on s'en sert pour faire cuire des œufs, qui contiennent beaucoup de ce gaz. L'exhalaison des égouts, des

lieux d'aisances, et des boues de Paris, produit le même effet.

*Expérience.* — PRÉCIPITATION DE L'OR SUR DU CHARBON. — Étendez dans cinq ou six fois son volume d'eau, une dissolution d'or dans l'eau régale (acide hydro-chloro-nitrique); plongez au fond de ce liquide un morceau de charbon neuf; exposez ensuite aux rayons du soleil ou à une douce chaleur, l'or se révivifiera et se précipitera sur le charbon en paillettes brillantes.

*Expérience.* — PRÉCIPITATION DU CUIVRE CRISTALLISÉ. — Plongez un morceau de phosphore dans une solution de sulfate de cuivre, au bout de douze à quinze heures il sera couvert de cristaux brillans de cuivre régénéré. On obtient par le même moyen des cristaux d'argent, en se servant d'une solution de nitrate d'argent.

*Expérience.* — PRÉCIPITATION MÉTALLIQUE PAR LE GALVANISME. — Plongez un morceau de fer poli dans une solution de vitriol bleu (sulfate de cuivre), ce dernier métal couvrira le premier d'une couche rougeâtre.

Si vous plongez dans le même liquide une lame d'argent, aucun précipité n'aura lieu; mais plongez dans la solution une lame de fer ou de zinc, et mettez-la en contact avec celle d'argent, aussitôt les deux métaux se couvriront du précipité cuivreux.

*Expérience.* — Si vous plongez une lame de platine dans une dissolution d'or, aucun pré-

cipité n'aura lieu ; mais, si vous mettez cette lame en contact avec une lame de zinc, l'or se précipitera sous la forme d'une poudre noire, et couvrira la lame de platine.

### *Végétation métallique.*

Rien ne ressemble plus à une végétation que l'arrangement que prennent certaines cristallisations métalliques. Ces cristaux, attachés les uns aux autres, sous différens angles, imitent très-bien les rameaux des mousses, ou les branches d'un arbrisseau ; on croit même, tant la ressemblance est frappante, y distinguer des feuilles et des fruits. On voit dans les cabinets d'histoire naturelle des dendrites qui font la plus complète illusion, et des agates arborisées ou moussues qui laissent long-temps dans le doute le naturaliste le plus exercé, sur la nature de la végétation dont elles offrent l'image ; mais ce sont autant d'images trompeuses : les minéraux cristallisent, et ne végètent pas. Voici quelques exemples des végétations artificielles.

*Expérience.* — Arbre de Saturne ou de plomb. — Faites dissoudre dans environ un litre d'eau douce et filtrée, une once de *sucre de plomb* (sur-acétate de plomb) en poudre ; laissez dissoudre pendant deux ou trois jours, en remuant de temps en temps ; décantez la liqueur, et placez-la dans un flacon à large goulot ; suspendez au

centre un morceau de zinc, au moyen d'un fil: ce métal se couvrira d'une substance mousseuse métallique, et de plaques cristallines brillantes de plomb, qui se précipitent sur le zinc. Il faut employer dans cette opération, quand on veut la faire bien réussir, du sur-acétate de plomb légèrement sur-saturé d'acide, et qui soit sans mélange d'autre sel.

*Expérience.* — Arbre de Jupiter ou d'étain. — Faites dissoudre au bain de sable une once de rognures d'étain fin de Cornouailles, dans dix onces d'eau régale (acide hydro-chlorique); quand l'acide est réduit au quart, si la dissolution n'est pas complète, décantez, et ajoutez de nouvel acide; prenez deux onces de cette dissolution, mêlez-la avec quatre ou six onces d'eau distillée : la proportion n'est pas rigoureusement déterminée, et exige un essai. Remplissez de cette liqueur un vaisseau de verre oblong à large orifice, introduisez au centre une verge de zinc de la grosseur d'une plume, l'étain se précipite aussitôt sur cette tige en forme de feuilles et d'aiguilles brillantes. On ne connaît pas de cristallisation qui s'effectue plus promptement. Il faut, dès qu'elle est effectuée, décanter la liqueur, et la remplacer par de l'eau distillée.

*Expérience.* — Arbre de Diane ou d'argent. — Faites dissoudre une partie d'argent pur ou de coupelle dans trois parties d'acide nitrique pur; filtrez cette dissolution ; mettez-la ensuite dans

un bocal avec vingt parties d'eau distillée; ajoutez-y deux parties de mercure, et laissez le tout en repos : il se formera sur le mercure une cristallisation qui imitera une végétation : il faut trente ou quarante jours pour que cette végétation s'effectue. Homberg et Baumé ont indiqué un procédé pour obtenir extemporanément l'arbre de Diane; mais la cristallisation n'en est pas si belle.

*Expérience.* — ARBRE DE MARS OU DE FER. — Faites dissoudre de la limaille de fer dans de l'acide nitreux jusqu'à saturation ; versez de cette dissolution dans un grand verre à pied, et ajoutez peu à peu une égale quantité de dissolution de potasse : la matière se gonfle, il en sort une quantité de cristaux en forme de branchages, qui quelquefois se répandent sur les parois extérieures du vase.

*Expérience.*—VÉGÉTATION MERCURIELLE.— Faites évaporer une dissolution nitrique mercurielle, jusqu'à ce que la plus grande partie se précipite sous la forme d'une poudre blanche; ajoutez du mercure, et secouez fortement le vase qui contient ce mélange; déposez-le dans un lieu frais, et couvrez-le d'un papier : au bout de deux mois le mercure aura formé des cristaux en forme de petits arbrisseaux blancs ou verdâtres, et dont l'extrémité sera garnie de petits boutons brillans.

*Expérience.*—VÉGÉTATION D'OR ET D'ARGENT. — Faites un amalgame d'une once d'or et d'argent

deux onces de sel ; renfermez la solution encore bouillante dans des fioles, et fermez-en l'ouverture avec un morceau de vessie mouillée ; posez les fioles dans un lieu tranquille, le liquide se refroidira et restera limpide, mais aussitôt qu'on laisse pénétrer l'air, des cristaux semblables à des filets de satin blanc se forment à la partie supérieure du liquide, et se précipitent au fond. Tout le liquide prend cette forme cristalline : les sels redeviennent liquides quand on les soumet de nouveau à l'action de l'eau bouillante, et cristallisent de nouveau dans les mêmes circonstances. Pendant que ce phénomène a lieu, il se dégage une chaleur sensible à la main.

Les mêmes substances, ou les composés réunis aux mêmes proportions, et qui se trouvent dans des circonstances en tout semblables, cristallisent parfaitement de la même manière, et offrent par conséquent les mêmes formes salines. Sans cette condition, on n'obtient que des cristaux irréguliers et sans forme constante. On sait depuis long-temps que l'on peut en faire varier la forme à volonté, en changeant la proportion de leurs élémens composans : par exemple, le vitriol bleu (sulfate de cuivre) cristallise en prismes obliques à huit pans, terminés par des bases simples ; si l'on fait une addition de cuivre à la dissolution, on obtient des cristaux prismatiques à quatre pans, terminés par des pyramides à plusieurs faces.

L'alun, qui cristallise ordinairement en tétraèdres réguliers, prend une cristallisation cubique, par le changement de proportion en plus de la base de ce sel; à l'état neutre, il cristallise constamment en cube.

Si dans la liqueur où se forment les cristaux d'alun cubique, on plonge des cristaux d'alun octaèdre, ceux-ci passent à la forme cubique; si l'on arrête l'opération avant l'entière transformation, on obtient des cristaux mixtes ou cubo-octaèdres.

Le nitrate de potasse (nitre), d'après la remarque du célèbre Davy, varie de forme suivant la température au milieu de laquelle la cristallisation s'effectue.

Enfin le sel marin, dissous dans l'eau, cristallise en cube; dans l'urine il cristallise en octaèdre.

On rencontre quelquefois des cristaux dont les diverses parties sont d'une composition différente, tel que le grès cristallisé de Fontainebleau, qui présente des parties de quartz et de chaux carbonatée, séparées entre elles dans le même cristal. Dans les cristaux de la variété prismatique de la chaux carbonatée, le prisme est diaphane, et les extrémités d'un blanc laiteux: dans d'autres cristaux, cette disposition est dans un sens inverse à la première. J'ai vu souvent des cristaux de quartz hyalin, colorés, dans une partie seulement, par l'oxide de fer. On observe

encore ces anomalies dans l'axinite et dans quelques topazes de Sibérie ; mais cette addition de substance n'empêche point la cristallisation d'être régulière, probablement parce qu'elle n'y est point dominante. Les cristaux prennent quelquefois la teinte et quelques élémens des corps dans lesquels ils sont engagés. J'ai vu dans la riche collection appartenant à M. Haüy un cristal de grammatite engagé dans un morceau de dolomie, qui a diverses nuances blanches et grises, dont le cristal, engagé dans les diverses couches de cette pierre, a pris les différentes teintes.

Dans toutes les substances cristallines, il n'y a rien de plus remarquable que les phénomènes que présentent les cristaux de *magnésie boratée*. Ces cristaux cubiques, n'ayant jamais plus de trois à quatre lignes d'épaisseur, présentent dans leur huit angles solides deux électricités différentes : quatre de ces angles acquièrent par la chaleur l'électricité nitrée, et les quatre autres l'électricité résineuse.

*Moyen d'obtenir de beaux cristaux.*—Prenez des cristaux isolés qui se sont formés dans une dissolution concentrée ; mettez ces cristaux au fond d'un vase à fond plat, à un ou deux pouces les uns des autres; versez dessus de l'eau saturée de la même substance ; retournez-les de temps en temps, afin qu'ils présentent toutes leurs faces au liquide : ces cristaux augmentent bientôt

de volume. Quand la liqueur commence à s'épuiser, on choisit les plus parfaits, et on les plonge dans un nouveau bain saturé. On obtient, par ces opérations successives, des cristaux d'une grande dimension, et parfaitement réguliers. Les cristaux placés sur le côté augmentent en longueur; ils augmentent en grosseur quand ils sont placés sur leur base.

*Cristallisation curieuse du sel marin.* — Faites fondre du sel commun dans de l'eau chaude; exposez ensuite cette eau à un grand froid. Quand la cristallisation commence à s'effectuer, transvasez rapidement; il se forme alors dans toute la dissolution des paillettes de sel de forme hexagone, qui réfléchissent, en se précipitant, toutes les couleurs de l'iris avec beaucoup d'éclat.

*Remarque curieuse sur le nitre (potasse nitratée).* — On trouve le nitre tout formé dans la nature. Ce sel se forme continuellement dans les endroits humides et exposés aux émanations des substances animales et végétales en putréfaction; contre les murs, dans les caves, les bergeries, les écuries, les latrines, sous les murs contre lesquels on dépose des fumiers et des immondices. Il occupe toujours la surface des pierres ou des autres corps, jamais l'intérieur, à moins qu'il n'ait été entraîné par les eaux. Il n'y a pas d'exemple que l'on ait trouvé cette substance dans l'intérieur d'une roche quel-

conque. Partout on reconnaît le nitre à la forme de ses petits cristaux aciculaires, qui forment, en se groupant, des efflorescences blanchâtres. Si l'on en répand une pincée sur des charbons allumés, ce sel brûle avec une scintillation très-vive, accompagnée d'un bruit léger. L'azote étant un des principes composans du nitre, il n'est point du tout surprenant qu'on rencontre ce sel dans tous les lieux riches en exhalaisons fétides, où ce principe abonde. Quant à la potasse, qui est l'autre principe composant de ce sel, on n'a pas la plus légère idée de sa formation : car le nitre se produit aussi bien sur les roches granitiques et porphyritiques que sur les roches calcaires, sur le sable que sur l'argile. Mais il se développe particulièrement sur les murs calcaires : c'est le *sel mural* par excellence ; il ronge, carie et détruit les plus fortes assises, les constructions les plus épaisses et les plus solides, et rien ne peut y remédier, que l'extraction des pierres attaquées et leur remplacement. Le peuple attribue ce travail ou cette détérioration du nitre à l'influence des rayons de la lune : c'est un préjugé de tous les pays, et que n'a pas détruit l'observation des murs exposés au nord, et que le même agent détériore. Les murs de la galerie méridionale du Louvre sont partout atteints de ce poison rongeur ; les anciennes moulures en sont déjà ou détruites ou fortement altérées. J'ai recueilli la poussière qui ré-

sulte de cette destruction, et qui ressemble beaucoup à celle du bois vermoulu ; je l'ai soumise à l'analyse, et j'y ai trouvé à peu près un vingtième de nitre. Une observation très-importante, et que les architectes ne devraient pas ignorer, c'est qu'une pierre atteinte par la carie du nitre subit tôt ou tard une entière destruction : il suffit d'en déterminer la formation sur un seul point, pour que toutes les parties en soient bientôt atteintes.

*Expérience.* — PÉNÉTRATION MUTUELLE DES SUBSTANCES DE DIVERSE NATURE. — Faites dans le même moule deux balles de cuivre et deux balles d'étain ; fondez-les ensemble, et coulez-les de nouveau dans le même moule, vous n'obtiendrez que trois balles, mais qui auront le même poids que les quatre balles moulées séparément. Dans cette opération il y a pénétration des molécules métalliques, et par conséquent augmentation de densité.

*Expérience.* — PÉNÉTRATION DES LIQUIDES. — Remplissez d'eau un tube de verre jusqu'à la moitié de sa longueur; versez sur cette eau, et bien légèrement, de l'esprit-de-vin (alkool) jusqu'au haut du tube ; l'esprit-de-vin surnage l'eau. Marquez la hauteur qu'occupent les deux liquides séparés ; secouez vivement, les deux liquides se mêlent, et occupent sensiblement moins d'espace ; ce qu'il est facile d'apercevoir par l'abaissement de leur niveau.

*Expérience.* — Versez dans le même tube de l'acide sulfurique, et par-dessus une égale quantité d'eau; en mêlant ces deux liquides, une vive effervescence a lieu avec dégagement de chaleur, et un abaissement sensible dans leur niveau : il y a pénétration. Si à 40 parties d'eau on ajoute 10 parties d'acide, la diminution sera de deux parties.

*Expérience.* — LIQUIDES QUI DEVIENNENT SOLIDES PAR LEUR MÉLANGE. — Mêlez ensemble une partie de solution chargée de nitrate ou de muriate de chaux, et une partie de dissolution très-concentrée de carbonate de potasse, il se forme aussitôt un précipité terreux, épais comme de l'argile, que l'on peut manier, et dont on peut former soit une boule, soit un tout autre solide. On rend à ce précipité sa première liquidité en versant dessus de l'acide nitrique. Cette expérience était connue des anciens chimistes sous le nom de *miracle chimique*.

*Expérience.* — LIQUEUR QUI S'ÉPAISSIT QUAND ON LA FAIT CHAUFFER, ET QUI DEVIENT LIQUIDE EN SE REFROIDISSANT. — Prenez partie égale de potasse et de chaux vive réduites en poudre fine; soumettez-les, dans une suffisante quantité d'eau, à une prompte et forte ébullition; passez au filtre, la liqueur le traversera d'autant mieux qu'elle se refroidira. Conservez cette liqueur filtrée dans une bouteille bien close; si vous faites bouillir cette liqueur, elle se troublera, et prendra la

consistance d'un mucilage épais ; en se refroidissant elle reprendra sa transparence et sa liquidité.

*Expérience.* — CORPS INODORES QUI DEVIENNENT ODORANS PAR LEUR MÉLANGE. — Broyez séparément dans deux mortiers de l'ammoniaque et de la chaux vive, ces deux substances sont inodores ; réunissez-les et triturez-les légèrement, elles répandent alors une odeur très-piquante.

*Expérience.* — DEUX LIQUEURS ODORANTES QUI DEVIENNENT INODORES PAR LEUR MÉLANGE — Mettez dans un verre une cuillerée d'ammoniaque liquide (alkali volatil fluor); versez dessus peu à peu de l'acide muriatique, l'odeur vive et piquante de ces deux liquides cesse à l'instant de se faire sentir, ils forment un composé inodore.

*Expérience.* — INFLAMMATION SUBITE PAR LE MÉLANGE DE DEUX LIQUEURS FROIDES. — Versez dans une tasse une cuillerée d'huile essentielle de térébenthine ; ajoutez-y une quantité double d'acide nitreux, mêlé avec un quart d'acide sulfurique : en le versant de l'extrémité d'un long bâton, une inflammation a lieu subitement, elle est accompagnée d'une grosse fumée. On enflamme par le même moyen toutes les huiles volatiles ou grasses ( d'olives, de chènevis, de noix, etc. ); quand l'huile ne s'enflamme pas, elle se boursoufle, et forme une tumeur que l'on a appelée *champignon philosophique.*

## *Quelques récréations relatives à la chimie végétale.*

*Singulières propriétés du charbon.* — Le charbon ou *carbone* existe en grande proportion dans les règnes végétal et animal. Nouvellement préparé, il absorbe une énorme quantité de gaz, qui se dissipe quand on l'expose à une chaleur de 100 à 150°.

Il est un des corps les plus fixes et les plus indestructibles de la nature. A vase clos, on peut le conserver dans un état d'incandescence pendant plusieurs jours, sans qu'il perde rien de son poids.

Enfoui dans la terre, il y demeure des siècles sans s'altérer. Les vastes amas de houille ne paraissent être que du bois carbonisé, ou du charbon imprégné de bitume, de soufre, d'hydrogène, et d'autres matières inflammables. Chauffée avec précaution, la houille perd une partie de ses élémens composans, et laisse quelquefois à découvert la fibre ligneuse si reconnaissable dans le charbon ordinaire.

C'est d'après la connaissance de la longue durée du charbon, que l'on est dans l'usage de charbonner les pieux que l'on enfonce dans la terre.

Le charbon chauffé avec le fer le convertit en acier. M. Guyton-Morveau a converti également du fer en acier, en se servant, en place de

charbon, de poudre de diamant : preuve bien concluante de l'analogie de ces deux substances. L'acier n'est que du fer, plus du carbone.

Le charbon est la base du diamant. Cette substance, brûlée au moyen d'un miroir ardent, ne produit que du charbon très-pur. Cette étonnante découverte date de la fin du 17e siècle : mais par quel procédé la nature opère-t-elle cette conversion ? Elle a gardé ce précieux secret, cette synthèse, que, d'après les étonnantes découvertes de la chimie moderne, il ne faut pas désespérer de découvrir. Un chimiste a déjà réussi à opérer, au moyen de la pile de Volta, la fusion du charbon, mais en quantité si petite et si promptement volatile, que l'on n'a pu faire l'examen de ce nouveau produit.

Le charbon a la propriété de détruire la couleur d'un grand nombre de liquides végétaux et animaux. Le charbon animal (noir d'ivoire), composé de charbon, de phosphate et de carbonate de chaux, décolore mieux que le charbon végétal ; mais on rend celui-ci également propre à la décoloration des substances, en y ajoutant de la potasse.

Mettez une once de charbon animal dans une bouteille de vin ou de vinaigre rouge, deux ou trois jours après ces liqueurs sont tout-à-fait décolorées.

Une autre propriété bien remarquable du charbon, c'est celle de désinfecter les liquides,

ou les substances solides animales altérées. L'eau la plus bourbeuse, la plus fétide, peut être rendue limpide et sans odeur, par une filtration plusieurs fois répétée à travers une couche de charbon. De l'eau mise dans des tonneaux dont l'intérieur est charbonné, se conserve saine, et peut être transportée au-delà des mers sans la moindre altération. Enfin, les viandes qui commencent à s'altérer, bouillies dans l'eau qui contient du charbon, ou plongées dans un récipient rempli de gaz acide carbonique, redeviennent fraîches, fermes, et perdent leur odeur putride.

La poudre de charbon est, sous ce dernier rapport, un des meilleurs *dentifrices* connus, parce qu'elle nettoie parfaitement l'émail des dents, et qu'elle détruit la mauvaise odeur des gencives et des dents cariées. On se sert, pour cette partie de la toilette, de charbon de croûte de pain réduit en poudre fine, ou du charbon de noyaux de pêche, préparé à vase clos, tel qu'on les trouve chez tous le marchands de couleurs.

On attribue la plupart de ces propriétés du charbon à sa grande porosité.

*Singulière propriété du camphre.* — Le camphre paraît être une huile volatile concrète. On le trouve dans un grand nombre de végétaux, principalement dans la famille des laurinées (*laurus camphora*, *shorea*, *pterigium*, etc.),

et dans la famille des labiées : le romarin exhale une forte odeur de cette substance.

Le camphre, conservé dans un vase mal fermé, se répand dans l'atmosphère en vapeur très-odorante, et perd considérablement de son poids ; si on le garde dans un endroit d'une température un peu élevée, il s'attache aux parois du bocal en petits cristaux.

Des parcelles de camphre, étant mises sur l'eau, éprouvent un mouvement de rotation qui augmente graduellement, puis diminue, et cesse entièrement : si l'on touche la surface de l'eau avec un corps gras, les parcelles se précipitent sur-le-champ au fond du vase. Un cylindre de camphre, étant plongé en partie dans l'eau, se sépare spontanément en deux parties au niveau de cette eau. On n'a pu expliquer encore la raison physique de cette solution de continuité.

Si l'on mêle du camphre à des graisses ou à des résines, cette substance a la propriété d'en diminuer considérablement la consistance. Les pharmaciens qui préparent les onguens où entre le camphre, ne peuvent pas leur donner la solidité qui leur convient.

*Expérience.* — Camphre artificiel. — Si l'on fait passer à travers de l'essence de térébenthine, contenue dans un flacon, un courant de gaz acide muriatique, il y a bientôt formation d'une substance cristalline blanche, que l'on sépare par la filtration.

Le camphre artificiel a l'odeur du camphre naturel, brûle, se dissout comme lui, et jouit de la plupart de ses propriétés. On est porté à croire, d'après cette formation, que le camphre naturel n'est qu'une huile essentielle imprégnée d'un gaz acide, ou de l'oxigène de l'air, qui lui donne sa consistance : état où arrivent toutes les huiles essentielles exposées quelque temps à l'air libre.

*Expérience.* SINGULIER — BAROMÈTRE. — Mettez dans une fiole longue une demi-livre d'esprit-de-vin, trois gros de camphre et deux gros de sel ammoniac ; lutez-la exactement, et suspendez-la à la cloison : quand le temps se met à la pluie, le camphre et l'ammoniaque, qui occupent le fond de la fiole, s'élèvent et troublent la liqueur qui est au-dessus. Je tiens cette composition du célèbre mathématicien Fischer.

*Expérience.* — DONNER A L'HUILE L'APPARENCE DE LA CIRE. — Mettez dans une fiole une once d'huile d'olives ; versez dessus une demi-once d'acide nitrique étendu d'eau ; placez la fiole dans un bain de sable ; entretenez l'ébullition pendant une demi-heure, en ajoutant de temps en temps un peu d'eau bouillante, pour maintenir l'acide au même degré de force ; retirez la fiole du bain, laissez refroidir : l'huile en a pris alors la consistance solide, la blancheur et l'odeur de la cire.

*Expérience.* — DONNER A L'EAU-DE-VIE RÉCENTE

LES QUALITÉS DE L'EAU-DE-VIE VIEILLE. — Versez dans une bouteille qui contient l'eau-de-vie récente quelques gouttes d'alkali volatil, et agitez-la fortement : cet alkali enlève à l'eau-de-vie une partie de l'acide qui la rend âcre et austère. On complète l'illusion en jetant dans chaque bouteille un morceau de sucre trempé dans la teinture de safran.

*Expérience.* — RECONNAÎTRE SI L'ESPRIT-DE-VIN (ALKOOL) EST PUR OU ENTIÈREMENT PRIVÉ D'EAU. — La baryte n'étant nullement attaquée par l'alkool, s'il est pur, un fragment de cette pierre, jetée dans cette liqueur, y demeure intact ; s'il contient de l'eau, la baryte se délite à l'instant.

## *De la coloration du verre.*

L'art de colorer le verre remonte à la découverte de cette substance, puisqu'il dépend du mélange fait par hasard des substances qui entrent dans la composition des verres, et qui ne diffèrent elles-mêmes que par des nuances. Aussi voit-on rarement des verres sortis de deux fabriques différentes, de la même nuance; chaque verrerie employant des sables différens, et variant leurs mélanges. Le verre de bouteille doit sa couleur au sable coloré et à la charrée ou aux cendres de varech, qui contiennent beaucoup de matières impures. Le verre blanc et le verre pe-

sant ou cristal doivent leur transparence au sable et à la potasse, ou à la soude, que l'on choisit très-pure, débarrassée de tout oxide, et de première qualité.

Quand on fabrique le verre blanc, on fait usage de diverses substances pour le *purger* de toutes teintes étrangères à sa limpidité. Parmi ces substances, l'oxide de manganèse occupe le premier rang; son oxigène, devenu libre par la chaleur des fourneaux, se porte sur les matières colorantes du verre, et les neutralise complétement. C'est en raison de cette propriété, de cette espèce de lavage ou de nettoiement, que les verriers ont appelé cet oxide métallique le *savon* du verre. Mais il faut l'employer modérément; car, si l'oxide, est plus que suffisant pour décolorer la masse de verre, une portion reste unie à la base, qui, en se fondant et en se réunissant au verre, lui donne une teinte violette et noirâtre. On remédie à cet inconvénient en jetant dans les creusets du charbon qui absorbe l'oxide et décolore la matière.

Une nuance presque imperceptible de violet ou de bleu donne plus d'éclat au verre blanc, c'est *l'œil* que l'on donne au linge par le bleu de l'empois. Cette nuance ajoute beaucoup à la beauté des cristaux, et produit ces admirables reflets irisés, dont le jeu est si remarquable dans les pièces taillées et polies.

Voici quelques compositions de verre dont il

sera facile de faire l'essai au chalumeau d'émailleur.

### *Composition du verre à bouteille.*

Sable jaune (100 parties), calcin ou fragmens de bouteilles (100), soude de varech (40 à 90), cendres lessivées ou charrées (160 à 170), cendres neuves (30 à 40), argile jaune (80 à 100).

### *Composition du verre à vitre commun.*

Sable blanc ou jaune (100), calcin (100), cendres neuves (150), soude (30).

### *Composition du verre à vitre blanc.*

Sable blanc (100), potasse ou soude (60 à 80), carbonate de chaux (5 à 8), calcin de verre blanc (50 à 100), oxide de manganèse ($^3/_{10}$), oxide de cobalt ($^1/_{10}$).

### *Composition du cristal.*

Sable blanc lavé et séché (celui de Fontainebleau est le meilleur; c'est celui qu'on emploie à Mont-Cénis) (100), oxide rouge de plomb, ou minium (85), sel de potasse calciné et aéré (40), nitre cristallisé (6), borax (4), oxide blanc d'arsenic ($^1/_2$), oxide de manganèse ($^1/_5$).

### *Composition du flint-glass* (1).

Sable blanc (100), oxide rouge de plomb (90

(1) Ce mot veut dire cristal par excellence.

à 100), potasse calcinée (55), nitre cristallisé (5), oxide de manganèse ($^3/_{20}$).

Le flint-glass est une espèce de cristal découvert par les Anglais. C'est la substance la plus propre, en raison de sa puissance réfrangible, à la construction des verres objectifs des lunettes et des verres achromatiques. Le flint-glass, contenant beaucoup d'oxide de plomb, est le plus pesant de toutes les espèces de verres connus : l'eau pesant 1, le flint-glass pèse 3,3293, ou 3 $\frac{1}{2}$ ; le verre ne pèse que 2,4882, ou 2 $\frac{1}{2}$. On fabrique dans les manufactures françaises du flint-glass qui ne le cède en rien à celui qui se fabrique en Angleterre.

### *Composition du cristal ou strass qui imite le diamant.*

Sable blanc lavé dans l'acide muriatique (hydrochlorique) (25), oxide rouge de plomb (35), potasse bien calcinée (8), borax privé d'eau de cristallisation (3), oxide d'arsenic ($^3/_{20}$).

### *Composition du cristal rose pour imiter les pierres précieuses.*

Sable très-blanc et bien lavé (10), oxide rouge de plomb (15), sel de potasse calcinée (3), borax calciné (2), or fulminant broyé avec l'huile de térébenthine ($^1/_2$), sulfure d'antimoine ($^1/_2$), oxide de manganèse ($^1/_2$).

### *Composition du verre rose pour les vitrages* (*).

Sable blanc lavé (50), potasse blanche (25), chaux éteinte à l'air (4), pourpre précipité par l'étain (3), oxide de manganèse (2).

### *Composition du jaune imitant la topaze.*

Sable blanc lavé dans l'acide hydro-chlorique (10), oxide rouge de plomb (15), sel de potasse bien calciné (3), borax calciné (2), oxide ou nitrate d'argent (1/2).

### *Verre jaune pour les vitrages.*

Sable blanc (50), potasse aérée (25), chaux éteinte (4), jaune d'antimoine coloré par l'oxide de plomb (antimoine calciné par le nitre, *antimoine diaphoritique lavé*) (3).

### *Composition de cristal bleu imitant le saphir* (**).

Sable blanc lavé dans l'acide hydro-chlorique (10),

(*) La coloration du verre, ou la peinture sur verre, n'est point, comme on l'a prétendu, un art dont les procédés ou le secret sont perdus. Il n'a sans doute jamais été porté à une plus haute perfection que par les artistes français : que ceux qui en doutent encore jettent les yeux sur les vitrages peints par Robert, qui décorent la chapelle du Luxembourg, et que cet artiste appelle modestement un essai. Lisez, relativement à ce genre de peinture, l'*Histoire des Arts en France*, par M. A. Lenoir, et un excellent article inséré dans le *Journal de Paris*, pour le 12 décembre 1826.

(**) L'art d'imiter les pierres précieuses a atteint le plus haut degré de perfection en France. On fait comme la nature, et mieux que la

oxide rouge de plomb (15), sel de potasse calciné (3), borax (1), nitre cristallisé (1), oxide de cobalt très-pur, ou safre ($^{18}/_{100}$).

### *Composition de bleu pour les vitrages.*

Sable blanc (50), potasse (25), chaux éteinte à l'air (3), oxide de cobalt ($^{1}/_{2}$).

### *Composition de cristal vert imitant l'émeraude.*

Sable blanc lavé à l'acide hydro-chlorique (10), minium (15), sel de potasse calciné (5), borax calciné (2), oxide vert de chrome ($^{1}/_{2}$) (*).

### *Composition du vert pour les verres à vitre*

Sable blanc (50), potasse blanche (25), chaux éteinte à l'air (4), oxide vert de chrome (*).

### *Composition de cristal violet imitant l'améthyste.*

Sable blanc lavé par l'acide (10), minium (15),

nature : il faut beaucoup d'attention et de connaissance pour ne pas y être trompé. J'ai vu à Paris des rubis, des émeraudes, des saphirs, et surtout des topazes, qui offraient aux yeux tout le brillant et tout le velouté des plus belles pierres orientales. Les pierres colorées approchent plus de la parfaite imitation que les pierres blanches. Le strass imite le diamant, produit à la lumière ses reflets et son feu; mais l'œil du lapidaire reconnaît de suite l'artifice : il faut être complétement ignorant pour s'y laisser tromper.

(*) On colorait autrefois le verre avec les oxides réunis d'argent, de cobalt et d'antimoine. L'oxide vert, qui s'obtient du chromate de fer, donne une couleur magnifique, et bien supérieure à la première.

sel de potasse calciné ( 3 ), nitre cristallisé ( 2 ), oxide de manganèse ( 1 à 2 ).

### *Composition de verre violet pour les vitres.*

Sable blanc ( 50 ), potasse aérée ( 25 ), chaux éteinte à l'air ( 4 ), oxide de manganèse ( 2 à 5 ).

### *Composition de cristal imitant l'opale.*

Sable blanc lavé ( 25 ), minium ( 18 ), sel de potasse calciné ( 10 ), nitre cristallisé ( 2 ), phosphate calcaire ou os calcinés ( 2 ), oxide d'argent ( $^{8}/_{10}$ ), oxide d'arsenic ( $^{5}/_{10}$ ).

### *Composition de cristal noir imitant le jais ou jaïet.*

Sable ( 25 ), minium ( 20 ), sel de potasse calciné ( 10 ), nitre de première cuite ( 2 ), oxide de cobalt ( 2 ), oxide de manganèse ( 2 ), oxide de fer ( 3 ), oxide noir de cuivre ( muriate de cuivre calciné ) ( 3 ).

L'artiste modifie les teintes de ces compositions, en faisant varier les doses des oxides. Le joaillier augmente leur éclat en les enchâssant dans des métaux précieux, et en augmentant leurs reflets par des lames brillantes, ou par des entourages bien assortis : par exemple, rien ne fait mieux ressortir les reflets de l'opale, l'azur soyeux du saphir et de l'émeraude, qu'un entourage de diamans.

Toutes les compositions de pierres précieuses factices doivent être vitrifiées dans des creusets de platine, ou de terres extrêmement réfractaires : on moule ces creusets avec un mélange d'argile et de ciment de la même matière réduit en poudre.

FIN DES RÉCRÉATIONS DE CHIMIE.

# Table des Matières.

Pages.

AVERTISSEMENT. . . . . v
TABLE ÉTYMOLOGIQUE. . . . . 9

RÉCRÉATIONS DE PHYSIQUE.

DES ÉLÉMENS. . . . . 23
De la matière. . . . . 26
Divisibilité de la matière. . . . . 27
De la Porosité. . . . . 31
De l'Impénétrabilité. . . . . 32
Du Vide. . . . . 33
De l'Espace. . . . . 34
De l'Elasticité. . . . . 36
De la Capillarité. . . . . 38
DU CALORIQUE. — Sa théorie. . . . . 40
Expér. relat. à la dilatabilité produite par le calorique. 43
Thermoscope de Rumfort. . . . . 46
Calorique latent. . . . . 47
Thermomètre. . . . . 50
Température thermométrique au-dessus de zéro. . 52
Température pyrométrique au moyen du pyromètre de Wedgwod. . . . . 54
Thermomètre de Bréguet. . . . . 55
Briquets. . . . . 57
Propagation de la chaleur par les corps solides. . . . 59
Autres expériences relatives au calorique. . . . . 63
Volcan artificiel de Lémery. . . . . 65
DE L'AIR ET DU SON. . . . . 66
Baromètre. . . . . 71
Mesure barométrique des hauteurs. . . . . 72
Expér. relatives au vide, et machine pneumatique. 76
Pompes aspirantes. . . . . 81
Fontaine intermittente. . . . . 83
Entonnoir magique. . . . . [illegible]

Pages.

Expériences relatives à la condensation de l'air et à sa compression..... 86
Larmes bataviques..... 90
DU SON..... 91
De l'Écho..... 94
Imitation des éclairs, du tonnerre, de la pluie, de la neige, de la grêle, etc..... 104
DE L'EAU..... *Ib.*
Divers moyens pour purifier l'eau..... 110
Origine des sources..... 112
Des Eaux minérales..... 116
Eau hygrométrique..... 118
De la Neige..... 120
Des Glacièrs..... 123
Givre artificiel..... 125
DU FROID..... 126
Température thermométrique au-dessous de zéro. 130
Froid artificiel..... 132
DE LA GLACE..... 138
Expériences relatives à la glace..... 142
Du givre des vitres..... 143
Verre ardent en glace..... 146
Chandelle de glace..... *Ib.*
De l'Eau à l'état de vapeur..... *Ib.*
Eolipyle..... 148
Machine de Papin et autoclave..... 149
Machines à vapeur..... 150
Quelques expériences relatives à l'eau..... 151
Balance hydrostatique..... 152
Expér. relatives à la différ. de pesant. des liquides. 156
Jets d'eau..... *Ib.*
Jet d'eau par la vapeur..... 158
Clepsydre ou horloge d'eau..... *Ib.*
Singulière machine pour élever l'eau..... 159
Fontaine de circulation..... 160
Cloche à plonger..... 161

Pages.
LUMIÈRE. — Sa théorie . . . . . 163
Décomposition de la lumière . . . . . 166
Diffraction de la lumière . . . . . 170
Quelques considérations sur les lois de l'optique. 172
Illusions d'optique. . . . . 178
Palais magique . . . . . 191
Optique pyramidale . . . . . 194
Optique théâtrale . . . . . 195
Optique à miroir concave . . . . . *Ib.*
Optique transparente . . . . . 196
Kaléidoscope (1) . . . . . 197
Aphanéidoscope (2) . . . . . 198
Miroirs sphèriques . . . . . 199
Miroirs concaves et expériences avec ces miroirs. *Ib.*
Miroirs convexes . . . . . 205
Miroirs prismatiques, cylindriques, pyramidaux, coniques, etc. . . . . *Ib.*
Cylindre magique . . . . . 208
DIOPTRIQUE . . . . . 210
Verres achromatiques . . . . . 213
Verres périscopiques . . . . . 215
Lunettes d'approche astronomiques. . . . . 216
Télescopes . . . . . 220
Loupes et microscopes . . . . . 224
Merveilles des observations microscopiques . . . 227
Microscope solaire . . . . . 232
Lanterne magique . . . . . 234
Fantasmagorie . . . . . 235
Fantascope . . . . . 237
Ombres blanches . . . . . 238
Lanterne magique sur la fumée . . . . . 240

(1) Mot composé de καλος, beau; ειδος, forme, objet; et σκοπεω, je regarde; mot à mot : je vois de beaux objets.

(2) Je vois les objets opaques : d' αφανης, obscur, opaque.

Pages.
Chambre noire ou chambre obscure . . . . . *Ib.*
Chambre claire (*camera lucida*). . . . . 243
Toiles métalliques, leur singulier effet . . . . . 245
Quelques expér. relatives à la lumière : flambeau inextinguible, flamb. des furies, flamb. infernal. 248
Feux colorés . . . . . 249
ELECTRICITÉ. — Sa théorie . . . . . 252
Electromètre . . . . . 256
Des orages . . . . . 275
Divers moyens pour faire tomber la foudre . . . 261
Machine électrique, et expér. avec cette machine. 263
Electrophore . . . . . 266
Bouteille de Leyde . . . . . 268
Isoloirs . . . . . 270
Carreau magique et fulminant . . . . . 271
Bocal métallique . . . . . *Ib.*
Batterie électrique . . . . . 272
Charge par cascades . . . . . 273
Jarres métalliques. . . . . 274
Verre lumineux . . . . . 276
Papier électrique . . . . . *Ib.*
Électricité par l'air . . . . . *Ib.*
Aigrette lumineuse. . . . . 277
Œuf lumineux . . . . . *Ib.*
Carillon électrique . . . . . *Ib.*
Danse électrique . . . . . 278
Araignée électrique . . . . . *Ib.*
Papillon électrique . . . . . 279
Jet d'eau lumineux . . . . . *Ib.*
Pistolet de Volta . . . . . 280
Inflammation spontanée de la poudre . . . . . *Ib.*
Expérience du petit chasseur . . . . . *Ib.*
Tableaux étincelans . . . . . 281
Serpenteaux électriques. . . . . *Ib.*
Bouteille foudroyante . . . . . 282
Serrure foudroyante . . . . . *Ib.*

Pages.
Girouette électrique . . . . . 283
Roue électrique. . . . . *Ib.*
Longs conducteurs électriques . . . . . 284
Électricité dans le vide . . . . . 285
GALVANISME. — Sa théorie . . . . . 286
Expériences relatives au galvanisme. . . . . 287
MAGNÉTISME. — Sa théorie . . . . . 295
Armure des aimans. . . . . 297
Communication du magnétisme. . . . . 298
Aimantation à double touche . . . . . 299
Cercle aimanté . . . . . 300
Force prodigieuse de la matière magnétique . . . 301
De l'Aiguille aimantée. . . . . 302
Boussole . . . . . 305
Expériences relatives au magnétisme. . . . . 307
Aimant sans aimant . . . . . *Ib.*
Palingénésie . . . . . 310
Lunette magique . . . . . 311
Puits magnétique . . . . . 314
Figures qui se poursuivent et se fuient . . . . . 315
Table magnétique . . . . . *Ib.*
Propriétés médicales de l'aimant . . . . . 318
Magnétisme animal, Mesmérisme. . . . . 319

## RÉCRÉATIONS DE CHIMIE.

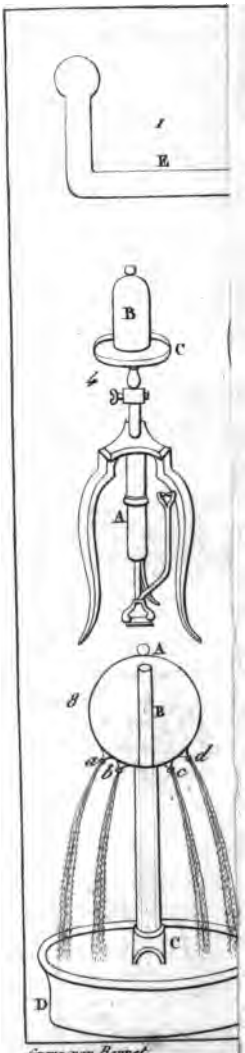
DU GAZ . . . . . 323
De l'oxigène . . . . . 324
Moyen d'obtenir l'oxigène . . . . . *Ib.*
Usage de l'oxigène. . . . . 325
Expériences sur la propriété vitale de l'oxigène. . 327
Expérience des trois flambeaux. . . . . 328
Eau oxigénée. . . . . 329
Détonation du gaz, ou air tonnant . . . . . *Ib.*
Gaz hydrogène . . . . . 330
Ballons. . . . . 331
Eclairage . . . . . 333

Pages.
Gaz hydrogène phosphoré . . . . . 335
Gaz ammoniac. . . . . 336
Gaz protoxide d'azote ou gaz exhilarant . . . . . 337
Gaz carbonique . . . . . *Ib.*
Gaz chlore et expériences relatives . . . . . 339
Chlorure d'azote ou huile détonante. . . . . 341
Gaz oxide de chlore. . . . . *Ib.*
Fluides invisib. qui devienn. visib. par le rapproch. 342
RÉACTIFS . . . . . 343
Expériences relatives aux réactifs . . . . . 344
Changement de couleurs au moyen des réactifs . . 346
Eaux colorées . . . . . 350
Encres à écrire, encres sympathiques. . . . . 351
Encre en poudre . . . . . 355
Encre de la Chine . . . . . *Ib.*
Encre indélébile pour marquer le linge. . . . . 356
Encres de couleur. . . . . *Ib.*
PHOSPHORES. . . . . 363
Imiter l'appar. lumineuse du disque de la lune. . *Ib.*
Allumer une chandelle avec la pointe d'une épée. 364
Faire paraître au goulot d'une bouteille une flamme verte et ondoyante . . . . . *Ib.*
Liqueur brillante dans l'obscurité . . . . . 365
Jets de feu sous l'eau . . . . . *Ib.*
Phosphore liquide. . . . . 366
Source de feu . . . . . 367
Phosphore détonant . . . . . *Ib.*
Quelques substances phosphorescentes. . . . . 368
Pyrophores. . . . . 371
Pyrophores métalliques. . . . . 372
Briquet phosphorique. . . . . 373
Bougie phosphorique. . . . . *Ib.*
Briquets oxigénés. . . . . 374
Allumettes oxigénées. . . . . *Ib.*
Moyen simple d'éteindre le feu d'une cheminée. . 375
Métaux . . . . . 376

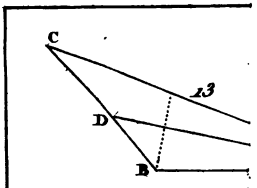
Pages.
Cristallisation du bismuth..... 377
Expériences chimiques relatives aux métaux.... 380
Alliage fusible à l'eau bouillante..... *Ib.*
Amalgame pour étamer le verre..... 381
Moiré métallique..... 382
Gravures en relief sur le marbre, etc. ..... 383
Manière de bronzer l'acier..... 384
Or et argent de couleur..... *Ib.*
Du tamtam..... 385
Distinction du fer de l'acier..... 386
Poudre d'or et d'argent..... *Ib.*
Moyen d'argenter l'ivoire..... 387
Procédé pour teindre en vert l'ivoire et les os... 388
Poudre pour dorer l'argent..... *Ib.*
Procédé pour dorer le fer et l'acier..... 389
Dorure des métaux avec l'amalgame d'or..... *Ib.*
Dorure sur ruban..... 390
Dorure avec le cuivre..... *Ib.*
Or mussif..... *Ib.*
Caméléon minéral..... 391
Métal étincelant..... 392
Inflammation du potassium..... 393
Combustion des trois métaux..... *Ib.*
Combustion des feuilles d'étain..... *Ib.*
Or fulminant..... 394
Argent fulminant..... *Ib.*
Mercure fulminant..... 396
Poudres fulminantes..... 397
Poudre d'amorce..... 398
Liqueur fumante de Libavius..... 399
Charbon fulminant..... *Ib.*
Précipités métalliques..... 400
Précipitation de l'or sur le charbon..... 402
Précipitation du cuivre cristallisé..... *Ib.*
Précipitation métallique par le galvanisme..... *Ib.*
Végétations métalliques..... 403
Arbre de Saturne ou de plomb..... *Ib.*

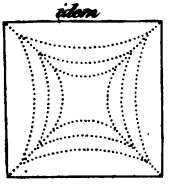
Pages.
Arbre de Jupiter ou d'étain . . . . . 404
Arbre de Diane ou d'argent . . . . . Ib.
Arbre de Mars ou de fer . . . . . 405
Végétation mercurielle . . . . . Ib.
Végétation d'or et d'argent . . . . . Ib.
Végétation d'argent et de plomb . . . . . 406
Végétation saline . . . . . Ib.
Cristallisation du soufre par le feu . . . . . Ib.
Végétation en tableau . . . . . 407
Quelques phénomènes de cristallisation . . . . . Ib.
Cristallisation instantanée . . . . . Ib.
Moyen d'obtenir de beaux cristaux . . . . . 410
Cristallisation curieuse du sel marin . . . . . 411
Remarque curieuse sur le nitre . . . . . Ib.
Pénétrat. mutuelle des substances de diverses nat. 413
Pénétration des liquides . . . . . Ib.
Liquides qui deviennent solides par leur mélange 414
Liqueur qui s'épaissit quand on la fait chauffer, et qui devient liquide en se refroidissant . . . . . Ib.
Corps inodores qui devienn. odor. par leur mél. 415
Deux liqueurs odorantes qui deviennent inodores par leur mélange . . . . . Ib.
Inflammation subite par le mélange de deux liqueurs froides . . . . . Ib.
Quelques récréations relatives à la chimie végétale. 416
Singulière propriété du charbon . . . . . Ib.
Singulière propriété du camphre . . . . . 418
Camphre artificiel . . . . . 419
Singulier baromètre . . . . . 420
Donner à l'huile l'apparence de la cire . . . . . Ib.
Donner à l'eau-de-vie recente les qualités de l'eau de-vie vieille . . . . . 421
Reconnaître si l'esprit-de-vin est pur ou entièrement privé d'eau . . . . . Ib.
De la coloration du verre . . . . . Ib.

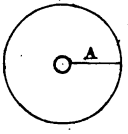
FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

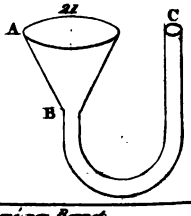



Gravé par Bonnet

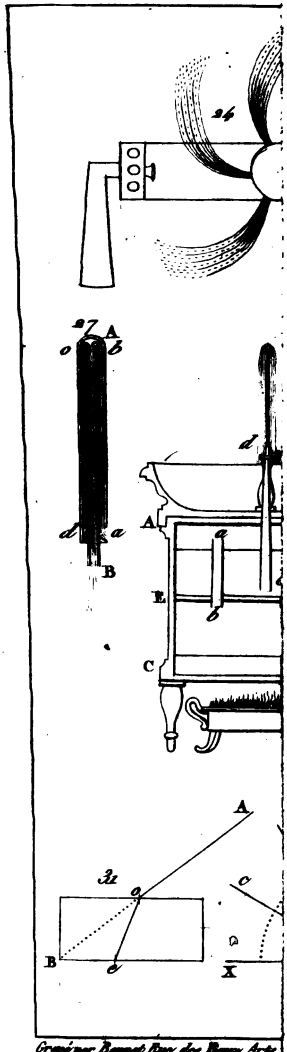


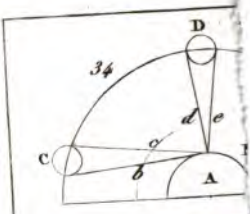






Gravé par Bonnet



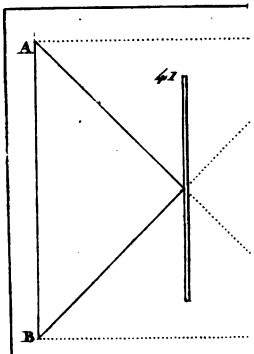

Gravé par Bonnet Rue des Beaux Arts

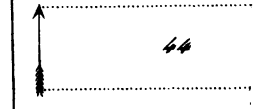


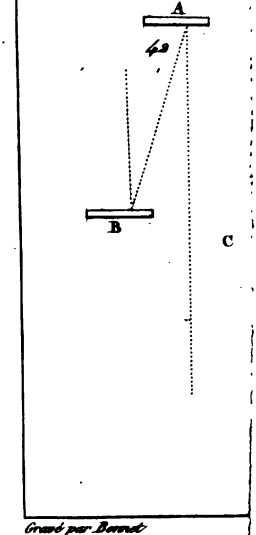

37 (bis)

39

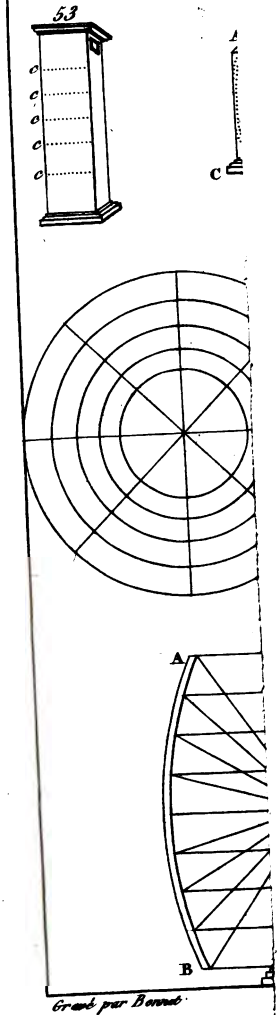
Gravé par Bonnet



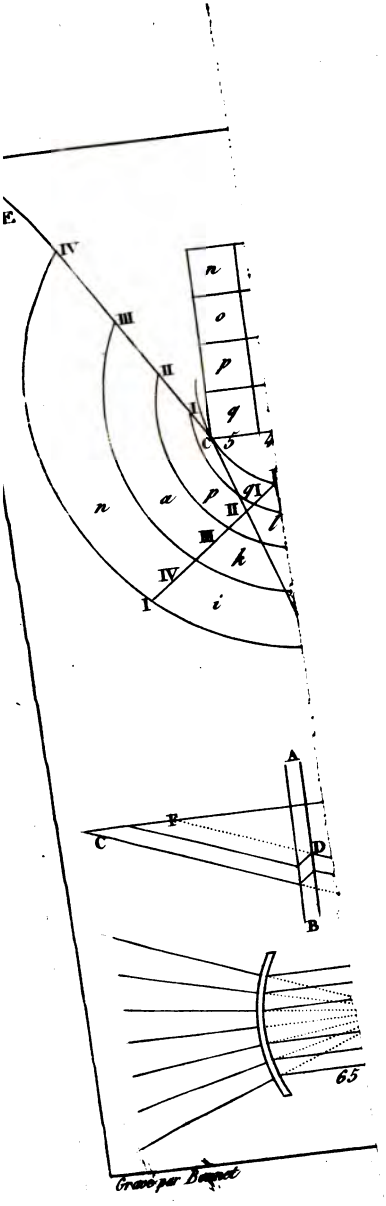



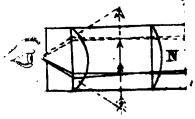

Gravé par Bonnet

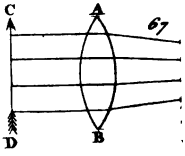


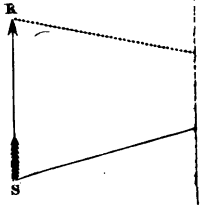

Gravé par Bonnet

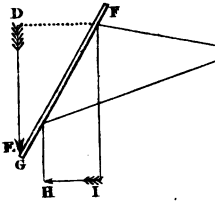



Gravé par Dugnet

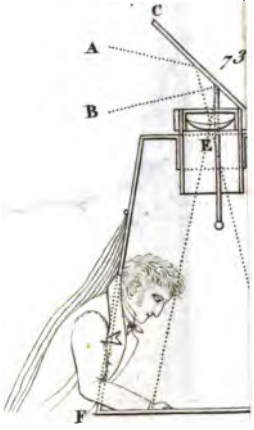


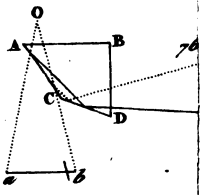



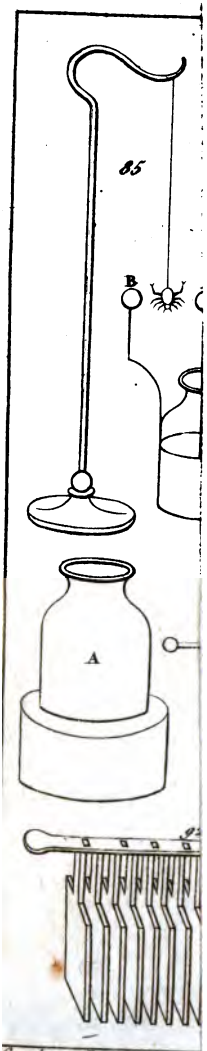

Gravé par Barrat





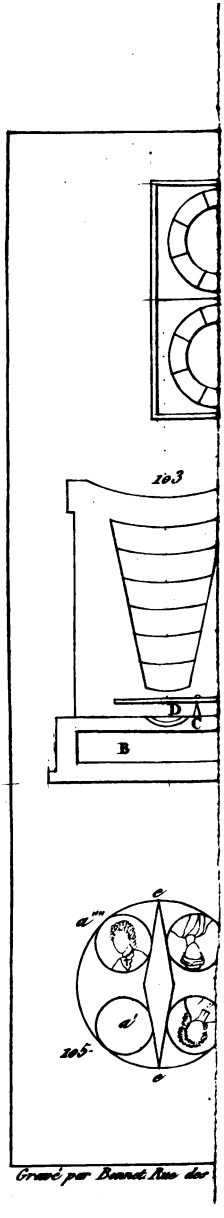

Gravé par Bonnet, Rue des Bonnes

80
Gravé par Benoit




Gravé par Bonnet.

Gravé par Bonnet




Gravé par Bonnet Rue des